

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Акустики та акустoeлектроніки

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Дідковський В.С.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 6.050803 Акустотехніка
(код та назва спеціальності)

на тему: Шумовий захист ділянки залізниці на території міста

Виконав: студента 4 курсу, групи ДГ-51
(шифр групи)

Рижко Владислав Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент, к.т.н. Богданов В. О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет _____ електроніки _____
(повна назва)

Кафедра _____ акустики та акустoeлектроніки _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) _____ 6.050803 Акустотехніка _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дідковський В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Рижку Владиславу Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Шумовий захист ділянки залізниці на території міста _____

керівник проекту (роботи) _____ Богданов В.О., доцент, к.т.н. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 10 червня _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) обробка отриманих даних для надання рекомендацій щодо обрання заходів захисту населення від впливу залізничного шуму _____

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) _____

1. Аналіз науково-технічної літератури. _____

2. Вимірювання рівнів звукового тиску перед потягами. _____

3. Аналіз отриманих даних. _____

5. Надання рекомендацій щодо покращення шумового стану обраної залізничної ділянки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 5 вересня 2018 р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Збір матеріалів для роботи. Аналіз науково-технічної літератури.	05.09.2018 - 03.03.2019	
2	Вимірювання рівнів звукового тиску перед екраном та за ним. Аналіз отриманих даних.	03.03.2019 - 29.03.2019	
3	Аналіз отриманих даних.	30.03.2019 - 25.04.2019	
4	Надання рекомендацій щодо покращення ефективності екрана при його проектуванні. Вибір акустичного центра шуму транспортного потоку.	26.04.2019 - 23.05.2019	
5	Оформлення пояснювальної записки та презентації.	24.05.2019 - 08.06.2019	

Студент

(підпис)

В.Я. Рижко
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

О.В. Богданов
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

РЕФЕРАТ

Шумовий захист ділянки залізниці на території міста // Дипломна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр». Рижко В.Я. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», факультет електроніки, кафедра акустики та акустoeлектроніки, група ДГ-51. – К.:НТУУ «КПІ», 2019. с. – 71, рис. – 43, табл. – 35.

Метою роботи є аналіз впливу положення акустичного центра транспортного потоку на результати розрахунків ефективності шумозахисних екранів.

В роботі проведено дослідження ділянки залізниці в м. Києві поблизу залізничної станції «Караваєві Дачі». Значення шумових рівнів на цій ділянці склали: еквівалентний - 61 дБА, еквівалентний потоку потягів - 64 дБА, максимальний - 92 дБА. За цими результатами було запропоновано встановити колійні амортизатори, а також шумозахисні екрани типу Noise Breaker . Виконання даних умов дозволить знизити шум на цій ділянці на 19 – 20 дБА (еквівалентний рівень шуму має зменшитись до 45 дБА).

Ключові слова: акустика, шум, залізниця, шумозахисні екрани, еквівалентний рівень шуму.

ABSTRACT

Noise protection of the railway section on the territory of the city // Diploma work on obtaining a higher education "Bachelor". Ryzhko V.Ya. National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky, Faculty of Electronics, Department of Acoustics and Acoustoelectronics, group DG-51. - K.: NTUU "KPI", 2019. p. - 71, fig. - 43, tab. – 35.

The purpose of the work is to analyze the influence of the position of the acoustic center of the traffic flow on the results of calculations of the effectiveness of noise protection screens.

The study of the railway line in the city of Kyiv near the Karavaevi Dachi railway station was carried out. The values of the noise levels in this area were: equivalent - 61 dBA, equivalent to the train flow - 64 dBA, maximum - 92 dBA. Based on these results, it was proposed to install road dampers, as well as Noise Breaker noise protection screens. Execution of these conditions will reduce the noise in this area by 19 - 20 dBA (equivalent noise level should decrease to 45 dBA).

Key words: acoustics, noise, railroad, noise protection screens, equivalent noise level.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	13
1.1. Джерела шуму	13
1.1.1. Різновид джерел шуму які можуть траплятись на залізниці.	13
1.1.2. Шум кочення	14
1.1.3. Аеродинамічний шум	15
1.1.4. Мостовий шум	15
1.1.5. Інші джерела шуму	15
1.2. Основні технічні характеристики поїздів які курсують по досліджуваній ділянці дороги	16
1.2.1. Основні технічні характеристики електрички ЕД9	16
1.2.2. Основні технічні характеристики електрички ЕР9	17
1.2.3. Основні технічні характеристики електрички ЕПЛ9	19
1.2.4. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду ЧС4.....	20
1.2.5. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду ЧС8.....	21
1.2.6. Основні технічні характеристики транспортного поїзду ВЛ80.....	22
1.2.7. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду типу «Інтерсіті +» Hyundai HRCS2	23
1.3. Методи боротьби з залізничним шумом.....	24
1.3.1. Боротьба з шумом кочення.....	24
1.3.2. Боротьба з шумом колес.....	26
1.3.3. Боротьба з шумом колії.....	28
1.3.4. Боротьба з аеродинамічними шумами.....	30
2 ПІДГОТОВКА ДО ЕКСПЕРИМЕНТУ	33
2.1. Обрання ділянка дослідження.....	33

2.2. Підготовка до проведення експерименту.....	34
2.2.1. Загальні положення.....	34
2.2.2. Апаратура.....	34
2.2.3. Умови вимірювання.....	35
2.2.4. Проведення вимірювання.....	35
3 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ.....	37
3.1. Отримання даних з експериментів.....	37
3.1.1. Опис місця проведення експерименту.....	37
3.1.2. Дані першого експерименту.....	37
3.1.3. Дані другого експерименту.....	39
3.1.4. Дані третього експерименту.....	41
3.1.5. Дані четвертого експерименту.....	43
3.2. Методи розрахунків отриманих даних.....	46
3.3. Розрахунок.....	47
3.3.1. Розрахунок першим способом.....	47
3.3.2. Розрахунок другим способом.....	48
3.3.3. Додаткові розрахунки.....	50
4 МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ.....	54
4.1. Боротьба з шумами.....	54
4.2. Зниження шуму шляхом модернізації рухомого складу залізниці.....	54
4.2.1. Заміна старих чавунних гальмівних колодок на сучасні композитні типу LL – блоків.....	54
4.2.2. Проведення ремонтних робіт по відновленню (покращенню) стану рейок колії та протекторів коліс.....	56
4.2.3. Поступова заміна рухомого складу на сучасні зразки.....	56
4.3. Зниження шуму шляхом встановлення шумозахисних споруд безпосередньо на проблемній ділянці дороги.....	58
4.3.1. Встановлення шумозахисних екранів.....	58
4.3.2. Встановлення рейкових амортизаторів.....	63
ВИСНОВОК.....	67

ЛІТЕРАТУРА.....	68
-----------------	----

ВСТУП

Деяким з нас звук проходження поїзда – музика до вух. Цікаво, що аудіозаписи поїздів навіть продаються у музичних магазинах. Звук парового двигуна, що працює, може викликати значне враження його сили або ж навіть заставити нас поностальгувати за втрачений вік. Але для багатьох людей шум від проходження поїздів небажаний.

Так було завжди. Ранні залізниці часто піддавалися значній опозиції. Наступне написано в 1825 р. У листі до Інституту Лідса (цитується в [1]): «Тепер судіть, мій друже, про моє вбивство, поки я комфортно сиджу на сніданку з родиною, насолоджуючись чистотою літнього повітря. Доки в одну мить моє житло не заповниться густим димом. Нічого не чується, крім дзвінкого заліза, богохульної пісні, або жахливих проклять директорів цих пекельних машин». Проте, хоча деякі заперечення, такі, як це, приписувалися екологічним причинам, включаючи шум, більшість були засновані на економічних або естетичних аргументах. Цікавий приклад стався ще в 1863 році, коли Манчестер, Бакстон, Матлок і Мідлендс Джанкшн Железнодорожний (пізніше стали частиною Мідлендської залізниці) в Англії були змушені побудувати свою лінію в неглибокому тунелі. Так щоб вона не повинна бути видно з дому герцога Рутленда в Хаддон Хол [2]. Сьогодні такі схеми і зміни в узгодженні не рідкість для пом'якшення шуму, але ідея явно не нова.

Зокрема, з 1960-х років, екологічний шум стає все більш важливим питанням. Шум часто визначається як джерело невдоволення життєвого середовища резидентами. Оскільки рівень екологічного шуму збільшився, населення все більше усвідомлює шум як потенційну проблему. Це стосується залізничного шуму, спільного з багатьма іншими формами екологічного шуму. Отже, протидія новим залізничним лініям зараз часто зосереджується на їх потенційному впливі на шум. Можливо, це викликано тим, що шум є кількісно визначеним, оскільки естетика не є такою, тому скарги на залізницю стають

фокусом на проблемі шуму. Проте, як зазначено у Доповіді Вілсона 1963 року [3]: «Існує значна кількість доказів того, що оскільки рівень життя зростає, люди рідше переносять шум».

У 1996 році було оцінено, що 20% населення Західної Європи проживало в районах, де рівень навколишнього шуму перевищував 65 дБ і до 60% в районах, де рівень шуму перевищував 55 дБ [1,4]. Основним джерелом цього шуму є дорожній рух, на який припадає близько 90%, що зазнає рівнів шуму понад 65 дБ (тобто 18 з 20% від усього населення). Проте, залізниці та літаки також є важливими джерелами шуму в містах. На залізничний транспорт припадає рівень шуму понад 65 дБ і від нього страждає близько 1,7% населення.

Хоча не всі реагують на шум так само. Це не дивно, адже з точки зору роздратування, від 20 до 25% населення роздратований шумом дорожнього руху а від 2 до 4% – залізничним шумом [4]. Тим не менш, було встановлено, що при однаковому рівні шуму – залізничні шуми менше дратують, ніж дорожні [5]. А це призвело до такої собі "залізничної премії" у деяких національних стандартах, де рекомендації норми залізничного шуму мають такий собі "бонус" у 5 дБ Німеччині [6].

Поширеність великих рівнів шуму а також підвищення поінформованості громадськості про вплив шуму, призвели до запровадження законодавства для обмеження рівнів звуку, як на місцях приймача, так й на самому джерелі. Європейське законодавство для контролю звуку, що випромінюється автомобільними транспортними засобами та літаками, існує з 1970-х років. Для дорожніх транспортних засобів зниження рівнів шуму на 8–11 дБ, було отримано під час тестувань в період між 1973 і 1996 роками. Однак, загальновизнано, що це не призводить до еквівалентного скорочення шуму в дорожньому русі через невідповідність між умовами випробувань і типовими умовами руху. У першому (прискорення при низькій швидкості та при високій частоті обертання двигуна) домінує шум двигуна, тоді як у трафіку зазвичай швидкість шин домінує на швидкості 50 км / год і вище [7].

На відміну від цього, авіаційний шум був скорочений за рахунок більш суворої атестації шуму, а також заборони різних літаючих операцій у нічний час. Впровадження турбовентиляторних двигунів з високим коефіцієнтом пропускання зменшило шум на 20-30 дБ, проте швидке збільшення кількості польотів означало, що вплив шуму поблизу аеропортів продовжуватиме зростати.

Для залізничного шуму існує складність розділення впливу колії та самого транспортного засобу і, як наслідок, виникла складність визначення вихідної вартості штрафів для кожного з об'єктів. Тобто важко було розрізнити кому виписувати чеки на штрафи, чи компанії яка утримує залізничну ділянку, чи компанії яка здійснює перевезення. Тож законодавчі обмеження на шум, що виділяється окремими залізничними транспортними засобами, були запроваджені в Європі лише з 2002 року. Вони були досягнуті за допомогою "технічних специфікацій для оперативної сумісності" (TSI) [8, 9], які призначені в першу чергу для забезпечення сумісності транспортних засобів між різними країнами Європи.

Проте, нещодавнє запровадження Директиви про екологічний шум (END) призвело до виникнення необхідності створення карт шуму існуючих джерел та розробки планів дій щодо зниження рівня шуму у визначених «гарячих точках» [10]. Це також може значить, що оператори залізниць та інфраструктурні компанії повинні розглянути, як мінімізувати шум на своїй ділянці.

Вібрація як і шум, може викликати роздратування. Це може бути обумовлено як відчутною вібрацією (зазвичай в діапазоні від 2 до 80 Гц), або за рахунок випромінювання низькочастотного звуку, що передається через землю (в діапазоні від 30 до 250 Гц). Вібрація також може спричиняти брязкання побутових об'єктів, які у свою чергу також будуть викликати роздратування. Тому було розроблено декілька методів боротьби як з шумом, так і вібрацією.

Шум біля приймача (будинку, офісу, тощо) може бути зменшений вторинними заходами, наприклад встановлення шумових бар'єрів на шляху проходження шуму, або ж на самому приймачі шляхом встановлення вікон з поліпшеною акустичною ізоляцією. У меншій мірі вібрацію можна також вирішити за допомогою вторинних заходів, таких як встановлення будівель на спеціальні фундаменти. Тим не менш, зменшення шуму та вібрації в самому джерелі, як правило, є більш економічним. З іншого боку, також загалом вірно, що контроль за шумом на джерелі є більш складним, оскільки він вимагає хороших знань про механізми, що працюють в межах джерела. Важливо, щоб безпечна та економічна експлуатація обладнання, в даному випадку залізниці, не заважала змінам, спрямованим на зниження шуму.

В наш час залізниці, як правило, вважаються екологічно чистими транспортними засобами, які мають потенціал для функціонування зі значно меншим забрудненням викидами CO₂ та використанням електроенергії. Виявлено, що високошвидкісні поїзди ефективно конкурують з повітряним транспортом на маршрутах від 3 годин і більше, досягаючи великих ринкових часток на різних маршрутах. Залізничні вантажі розростаються по всій Європі, а системи масового транспорту є запорукою міської мобільності. Тому, щоб покращити частку залізничного транспорту на ринку перевезень є, дуже важливим зменшити рівень шуму в навколишньому середовищі.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Джерела шуму.

1.1.1 Різновид джерел шуму які можуть траплятись на залізниці.

Проблема захисту від шуму, який створюється потягами, є актуальною для України, оскільки наша держава має одну із найрозвиненіших за густиною колійних мереж в Європі [12]. Питаннями шумового забруднення залізничним транспортом розглядалися багатьма авторами [13,14,15,16]. Негативний вплив шуму залізничного транспорту в міському середовищі досліджували Шумин Р.М., Йонда М.Є. [16]. Значна частина з перелічених авторів, схиляється до методу вирішення шумового забруднення шляхом лісонасаджень вздовж залізничних колій. Проте не скрізь можна вирішити дану проблему таким методом. В умовах міста та його своєрідного інтер'єру (інфраструктури), лісосмуга може негативно сказатись на останньому. Тому, щоб не псувати автентичний інтер'єр міста, потрібно застосовувати інші методи боротьби з шумом.

Для цього нам потрібно розглянути більш детально походження шумів на залізниці а також їх джерела виникнення. Основні з них розглянемо у цьому підрозділі. Домінуючим джерелом шуму є шум кочення, який збільшується при збільшенні швидкості поїзда. А от шум тяги набагато менше залежить від швидкості руху, тому він часто домінує лише на малих швидкостях. А «королем» шумності на високих швидкостях є – аеродинамічний шум.

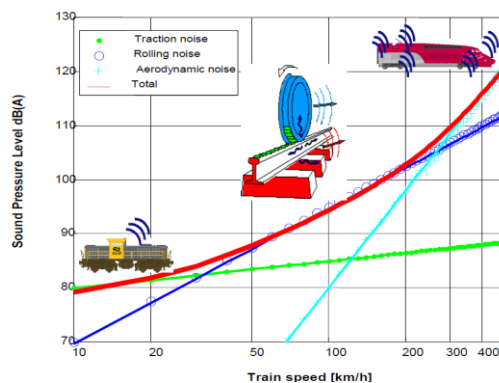


Рисунок 1.1. Графік залежності рівня шуму створюваного різними частинами поїзда від швидкості руху[17]

1.1.2 Шум кочення.

Найбільш вагомим джерелом шуму на залізниці є шум кочення, який створюється за рахунок контакту колеса з рейкою. Шорсткість на колісній та залізничній поверхнях індукує вертикальну колесо-рейкову систему відповідно до їх динамічних властивостей. На рис. 1.2. показано це у вигляді блок-схеми, тоді як на рис. 1.3 показано сам механізм візуально. Основні довжини хвиль, які можуть виникати за таким способом становлять від 5 до 500 мм. Отже, вібрація яка передається на колесо і колію призводить до випромінювання звуку. Цей шум є досить широкопasmовим, тому відносна значення високочастотних компонентів зростає по мірі збільшення швидкості поїзда.

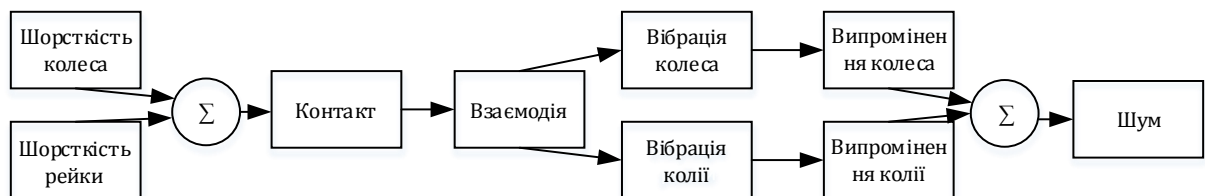


Рисунок 1.2. Схематична модель шуму кочення

Інше ускладнення полягає в тому, що коливання колеса і рейки викликані поєднанням їх нерівностей. Додатковим джерелом шуму є встановлені на колеса чавунні гальмівні колодки, які мають велику шорсткість й при збільшенні руху поїзду можуть випромінювати звукову хвилю довжиною близько 40-80 мм.

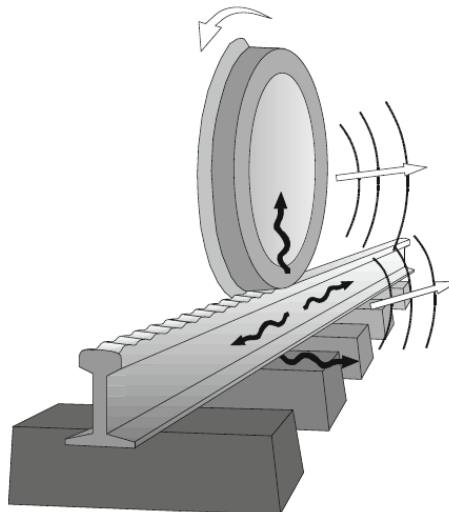


Рисунок 1.3. Ілюстрація механізму генерації шуму кочення

У порівнянні з іншими джерелами, шум кочення був предметом найбільшого обсягу досліджень протягом багатьох років, і тому про нього дуже багато написано наукових праць.

Ударний шум збуджується нерівностями, які зустрічаються на: колісних дисках, з'єднаннях рейок, опущених зварних швах або перемикачах. Цей шум подібний з тим, що виникає при коченні, оскільки збудження переважно вертикальне, але воно відрізняється тим, що нелінійність в контактній зоні важлива і ми не можемо нею нехтувати.

1.1.3 Аеродинамічний шум.

На відміну від більшості джерел шуму, які викликані випромінюванням звуку вібрацією твердих структур, аеродинамічний шум обумовлений несталим потоком повітря над поїздом. Такий шум, зазвичай, збільшуються набагато швидше зі зростанням швидкості руху потяга, ніж механічні джерела. Як широкосмуговий, так і тональний шум можуть генеруватися потоком повітря через різні частини поїзда, але велика частина звукової енергії зосереджена в нижній частині частотної області. Значне розуміння джерел аеродинамічного шуму було отримано останніми роками, і вирішуються на стадіях моделювання корпусу потяга.

1.1.4 Мостовий шум.

Поїзд проходячи через міст випромінює шум, який може значно збільшитися в залежності від типу мосту. Міст збуджується динамічними силами, що діють на нього з колії і тому різні типи конструкцій будуть по-різному впливати на підвищення рівня шуму. Сталеві мости з прямими кріпленнями, як правило, найбільш шумні і можуть підвищити рівень більш ніж на 10 дБ, ніж звичайна баластова колія, а в деяких випадках можливо й до 20 дБ. Більше того, збільшення шуму на мосту, як правило, найбільше при низькій частоті, так що вимірювання в режимі дБА не повністю враховуватиме цей ефект.

1.1.5 Інші джерела шуму.

На залізниці можуть траплятися й інші джерела шуму, до них відносяться:

- Шум тяги від дизельних двигунів, вихлопних газів і впуску, від тягових двигунів і вентиляторів, від коробок передач, турбокомпресорів і т.д.
- Попереджувальні сигнали від поїздів (ріжків тощо) і стаціонарних установок.
- Шуми викликані різними обладнання для обслуговування колій.
- Шунтуючі шуми, зокрема шум від ударів між транспортними засобами.

1.2. Основні технічні характеристики поїздів які курсують по досліджуваній ділянці дороги.

1.2.1. Основні технічні характеристики електрички ЕД9.



Рисунок 1.4. Поїзд ЕД9

Таблиця 1.1. Технічні характеристики поїзду ЕД9

Конструкційна швидкість, км/год	130
Основними складовими	9-ти вагонна (за схемою 2 головних вагона, 4 моторних вагона, 3 причіпних вагона)

Можливі варіанти складовою поїздів	4, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Довжина електропоїзда основною складовою, м	198,6
Довжина вагона по осях автозчеплень, мм	22056
Ширина вагона, мм	3522
База вагона, мм	15000
Ширина дверного отвору, мм	1250
Кількість місць для сидіння в поїзді	2251
Номінальна місткість (місця для сидіння плюс 5 пас./м ²)	в поїзді — 2149 в головному — 205 в моторному — 248 в причіпному — 249
Загальна годинна потужність тягових двигунів, кВт	3520
Питома потужність тягових двигунів, кВт/т	8,58
Середнє прискорення до швидкості 60 км/год, м/с ²	0,7

1.2.2. Основні технічні характеристики електрички ЕР9.



Рисунок 1.5. Поїзд EP9

Таблиця 1.2. Технічні характеристики поїзду EP9

Конструкційна швидкість, км/год	130
Основними складовими	10-ти вагонна (за схемою 2 головних вагона, 5 моторних вагона, 3 причіпних вагона)
Можливі варіанти складовою поїздів	4, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Довжина електропоїзда основною складовою, м	196
Довжина вагона по осях автозчеплень, мм	19600
Ширина вагона, мм	3521
Висота вагону, мм	4268
Кількість місць для сидіння в поїзді	1040
Номінальна місткість (місця для сидінь плюс 5 пас./м ²)	в поїзді — 1040 в головному — 68 в моторному — 110 в причіпному — 108

Тип двигуна	колекторний
Система тяги	реостатно-контактна
Тип струму	Змінний (25 кВт)
Загальна потужність, кВт	800
Електричне гальмування	реостатне
Гальмівна система	електропневматична

1.2.3. Основні технічні характеристики електрички ЕПЛ9Т.



Рисунок 1.6. Поїзд ЕПЛ9Т

Таблиця 1.3. Технічні характеристики поїзду ЕПЛ9Т

Конструкційна швидкість, км/год	130
Основними складовими	8-ти вагонна (за схемою 2 головних вагона, 4 моторних вагона, 2 причіпних вагона)
Можливі варіанти складовою поїздів	4, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Довжина електропоїзда основною складовою, м	161
Довжина вагона по осях автозчеплень, мм	20200

Ширина вагона, мм	3521
Висота вагону, мм	4268
Кількість місць для сидіння в поїзді	1040
Номінальна місткість (місця для сидінь плюс 5 пас./м ²)	в поїзді — 1016 в головному — 118 в моторному — 118 в причіпному — 130
Тип двигуна	колекторний
Система тяги	реостатно-контактна
Тип струму	Змінний (25 кВт)
Загальна потужність, кВт	900
Електричне гальмування	реостатне
Гальмівна система	електропневматична

1.2.4. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду ЧС4.



Рисунок 1.7. Поїзд ЧС4

Таблиця 1.4. Технічні характеристики поїзду ЧС4

Конструкційна швидкість, км/год	180
Робоча маса, т	123

Потужність ТЕД, кВт	5100
Тип двигуна	колекторний
Сила тяги, кгс	довгий режим – 16800 годинний режим – 17400
Дотична потужність, к.с.	довгий режим – 6710 годинний режим – 6820
Електричні гальма	реостатні
Макс. Гальмівна сила, кгс	10000
Довжина по осям автозчеплень, мм	19980
Висота по пантографу, мм	5240

1.2.5. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду ЧС8.



Рисунок 1.8. Поїзд ЧС8

Таблиця 1.5. Технічні характеристики поїзду ЧС8

Конструкційна швидкість, км/год	180
Робоча маса, т	172
Потужність ТЕД, кВт	7200

Тип двигуна	колекторний
Сила тяги, кгс	довгий режим – 29400
Дотична потужність, к.с.	довгий режим – 11530
Електричні гальма	реостатні
Макс. Гальмівна сила, кгс	10000
Довжина по осям автозчеплень, мм	16870
Висота по пантографу, мм	5240

1.2.6. Основні технічні характеристики транспортного поїзду ВЛ80



Рисунок 1.9. Поїзд ВЛ80

Таблиця 1.6. Технічні характеристики поїзду ВЛ80

Конструкційна швидкість, км/год	110
Робоча маса, т	190
Потужність ТЕД, кВт	довгий режим – 5760 годинний режим – 6400
Тип двигуна	колекторний

Сила тяги, тс	довгий режим –40,9 годинний режим – 45,1
Сила тяги при зрушенні з місця, тс	довгий режим – 65
Електричні гальма	реостатні
Макс. Гальмівна сила, кгс	10000
Довжина по осям автозчеплень, мм	16240
Висота по пантографу, мм	5100

1.2.7. Основні технічні характеристики пасажирського поїзду типу «Інтерсіті +» Hyundai HRCS2



Рисунок 1.10. Поїзд Hyundai HRCS2

Таблиця 1.7. Технічні характеристики поїзду Hyundai HRCS2

Конструкційна швидкість, км/год	176
Загальна маса, т	461
Кількість вагонів	9
Кількість місць для сидіння в поїзді	579
Довжина вагона, мм	21700
Ширина вагона, мм	3500

Висота вагону, мм	4275
Потужність ТЕД, кВт	250
Вихідна потужність, кВт	6000
Тип двигуна	асинхронний
Прискорення, м/с ²	0,7
Електричні гальма	електродинамічне, електропневматичне, пневматичне

1.3. Методи боротьби з залізничним шумом.

1.3.1. Боротьба з шумом кочення.

Так як головним та неминучим джерелом шуму в даному випадку є гофрування колеса та рейки, тому потрібно розглянути методи боротьби з цим явищем. Гофра на залізничних коліях, може викликати інтенсивні вібрації землі і може підвищити рівень шуму до 20 дБ [17] і сама ж площа коліс зі своїми регулярними удари об гофру є крайньою версією цього. Але поганий стан залізниці або поверхні колеса слід уникати. Тому регулярне шліфування рейок і завороту коліс допомагає мінімізувати шум. А спеціальне «акустичне» подрібнення може знизити рівень шуму ще приблизно на 3 дБ [36]. Стратегії шліфування для зниження рівнів шуму були вивчені в проекті MONA [18]. У свою чергу, Спено, і Швєєрбау пропонують шліфування загального призначення, що дозволяє знизити рівень шуму на 10-12 дБ, а також спеціальне акустичне подрібнення, за допомогою якого можна досягти подальшого зменшення ще на 3-4 дБ [19].

Іншим же джерелом шуму є протекторні гальма, які зазвичай, виготовлені з чавуну та дуже поширені в вантажних транспортних засобах. Вони мають тенденцію викликати гофрування на колесах, що значно збільшує рівні шуму [10]. На відміну від цього, дискові гальма, які поширені в пасажирських поїздах, зазвичай є тихішими приблизно на 8 дБ [21]. Різниця між протекторними гальмами і дисковими показана на рисунку 1.10. При гальмуванні першим способом, гальмівні колодки натискають на протектор

колеса, яке потім безпосередньо контактує з рейкою. А при гальмуванні другим способом, гальмівні колодки натискають на додатковий диск, який розміщується безпосередньо на вісі.

Так як протекторні гальма, виготовлені з чавунних блоків, то вони з часом пошкоджують колесо, й робоча поверхня стає грубою, через що розвивається збільшення шуму кочення.

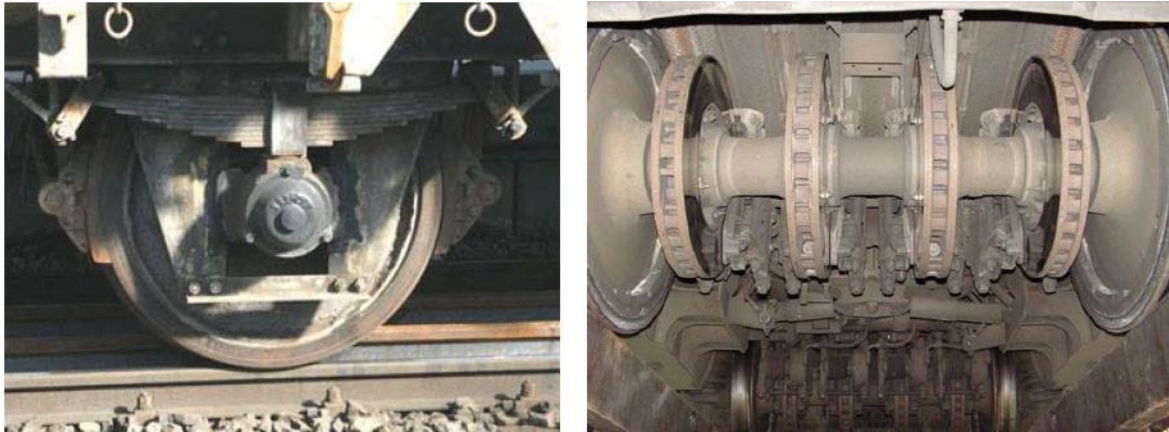


Рисунок 1.11. Протекторні та дискові гальма

Дискові гальма є дуже дорогими і можуть бути встановленими тільки на нові вантажні вагони або ж провести дуже дорогу модернізацію існуючих вагонів (необхідно повністю змінити весь вагон). Проект ЄС EuroSabot (1996-1999) розглянув можливості для модернізації по заміні гальмівних колодок із чавуну на транспортних засобах для забезпечення низьких рівнів шумів [22, 21, 20]. Це призвело до початку пошуків композитних гальмівних колодок з характеристиками тертя, подібними до чавунних, і придатними для подальшої модернізації. Тому через деякий час були представлені "LL-блоки" та "К-блоки" – це композитні гальмівні колодки, що використовуються в нових конструкціях транспортних засобів.

Перевагою LL-блоків є те, що гальмову систему вагона не потрібно модифікувати, тоді як для К-блоків необхідно ще прикладати додаткове зусилля. Це пояснюється тим, що LL-блоки мають подібні характеристики тертя до звичайних чавунних блоків, тоді як К-блоки мають більш високий коефіцієнт тертя (в 2,5 рази вище) лише при дії на них додаткової сили.

Обидва типи (К- і LL-блоки) знижують рівень шуму на 8-10 дБ, а витрати на життєвий цикл К-блоків аналогічні витратам життєвого циклу гальмівних колодок із чавуну. Витрати на життєвий цикл LL-блоків все ще мають бути визначені [17] щодо експлуатаційних витрат. Що стосується К-блоків, деякі виробники або власники вагонів нещодавно виявили більш високі витрати завдяки більш високому зносу коліс [23, 24].

Проект ЄС Euro Rolling Silently (2002-2005) розробив три прототипи LL-блоків. До 2009 року, як повідомлялося, два типи LL-блоків (IB 116 та Jurid 777) були безпечними для використання в Європі [25]. Гальма ICER S.A. продають органічні LL-блоки, які знижують шум на 8 дБ у порівнянні з гальмівними блоками із чавуну [19]; Органічні LL-блоки також виробляються Federal-Mogul Corporation.

Однак, незважаючи на те, що нові комбіновані LL-блоки ефективні при зниженні шуму, досі існують проблеми, які необхідно вирішити, перш ніж їх можна буде впровадити в Європі. У тестах з блоками LL кочення коліс збільшується з часом, впливаючи на динамічну стійкість транспортних засобів. Щоб вирішити це, консорціум виробників гальм і операторів транспортних засобів створив проект EuropeTrain [26], який використовує реальний поїзд, який подорожує по Європі, щоб прискорити тестування LL-блоків.

1.3.2. Боротьба з шумом колес.

Проект ЄС «Безшумний вантаж» (1996-1999) розглянув можливості зменшення шумового випромінювання колес і встановив, що [25, 21, 20]:

- кільцеві амортизатори зменшують шум на 6 дБ;
- перфорація колеса неефективна;
- амортизатори, налаштовані на колеса, зменшують шум до 7 дБ;
- колісні щити знижують шум до 9 дБ.

Наступні малюнки ілюструють системи:



Рисунок 1.12. Кільцеві амортизатори та перфоровані колеса



Рисунок 1.13. Колісно-налаштовані амортизатори



Рисунок 1.14. Колісні щити

Фундаментальне перепрофілювання колеса для зменшення шуму ускладнюється через необхідність укладання існуючих гальмівних систем протектора і необхідності розсіювання тепла, що утворюється при гальмуванні. Зменшення діаметра колеса робить колесо більш сприйнятливим до взаємодії колісно-рейкових нерівностей і може підвищити рівень шуму. Проект RONA (оптимізація коліс для високошвидкісних ліній) розробив нову конструкцію коліс JR13, що знизило рівень шуму приблизно на 3 дБ. Також цей проект, розробив колесо Alu4, з товстим алюмінієвим стрижнем та його амортизацією, з передбаченим зменшенням шуму на 12 дБ. Проте, після аварії 1998 році в Ешеде, викликаного зламаним колесом, промисловість з обережністю ставиться до різних матеріалів.

Луччіні [27] пропонує широкий спектр спеціальних малошумних амортизуючих коліс. Серед них:

Suore – колесо з обмеженим демпфуючим шаром.

Galene – на колесо встановлюють настроєні поглиначі;

Нурпо – це сталева конструкція для гасіння фрикційних коліс вантажних вагонів, що гальмуються протекторами.

Валдунес [29] також інтегрує системи демпфування в колеса, наприклад, використовуючи демпфуючі кільця, що дозволяють зменшити шум на 10-15 дБ [19]. Heathcote Industrial Plastics пропонують амортизатори з обмеженим шаром, що зменшують шум до 30 дБ. GHN пропонує поглиначі коліс і амортизуючі кільця (зменшення шуму 5-15 дБ). VSG Vibration Absorbers пропонує поглиначі вібрації коліс (знижує рівень шуму на 10-30 дБ на частотах піку шуму). Schrey & Veit пропонує поглиначі коліс, які практично повністю усувають шум, і знижують рівень шуму на 8 дБ, якщо виникає при скрипі [28].

1.3.3. Боротьба з шумом колії.

Рейкові амортизатори – це сталеві маси, вбудовані в еластомер та закріплені на рейковій смузі – були розроблені в 1990-х рр компаніями ERRI в проекті OFWHAT (оптимізовані вантажні колеса і колії) та SNCF в проекті VONA (малошумний дизайн доріжок для високошвидкісного руху) рядків)

[20]. Проект «Тихий трек» ЄС (1997-2000 рр.) розвинув ці залізничні амортизатори далі; новий дизайн зменшив шум на 6 дБ [22, 21, 20]. Голландський проект IPG [20] перевірів рейкові амортизатори та виявив ефективність амортизаторів безшумних колій, тоді як Schrey та Veit (S&V) вважають, що абсорбер VICONASMA 5RQ повинен бути ефективнішим та знижувати рівень шуму на 3 дБ [18]. Подальші випробування рейкових амортизаторів представлені ван ден Дулом [31].

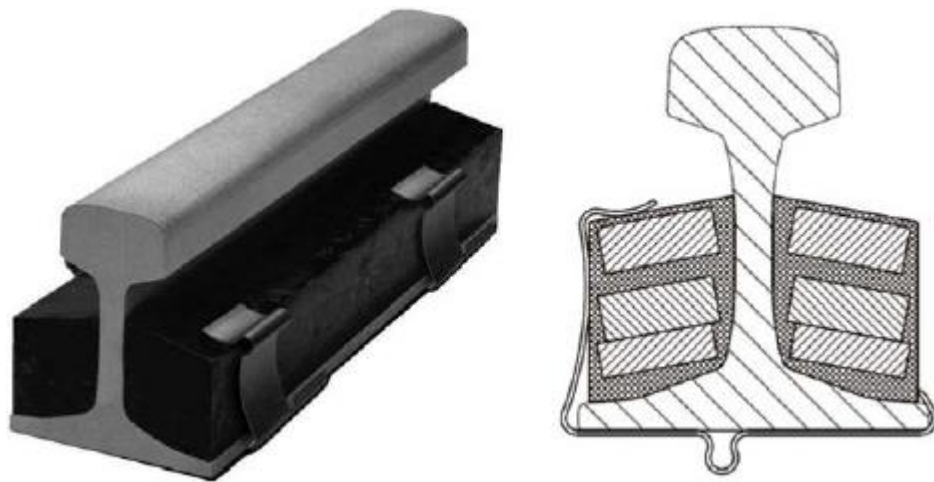


Рисунок 1.15. Tata Steel презентував залізничні демпфери «SilentTrack»

Компанія Tata Steel пропонує налаштовану демпферну систему «SilentTrack» (див. рис.1.14) яка допомагає знизити шум на 3-7 дБ. Основним демпфуючим матеріалом в даному випадку є гума, яка розташована з обох сторін металевої рейки. Понад 200 км «SilentTrack» використовуються у всьому світі, включаючи Нідерланди, Німеччину та Великобританію.

Шляхові бар'єри також можуть використовуватися для зниження рівнів шуму [21, 20], але рейкові амортизатори можуть зробити бар'єри та екрани непотрібними [31].

Проект VONA також розробив оптимізовані рейкові накладки, які знижували рівень шуму на 3-4 дБ [22].

Pandrol's VANGUARD використовує еластичну прокладку для зменшення шуму, але також підтримує рейку на павутині, щоб запобігти скручуванню рейки. Ця система використовується, наприклад, в лондонському метро (лінія Вікторія) і в High Speed 1, а також в новій розробці

Белградського центру, де зниження вібрації було ключовим фактором. Під час тестування на тестовій доріжці MTRCL у Гонконгу, система VANGUARD зменшила середній рівень шуму на 3–7 дБ в діапазоні 20 Гц-500 Гц; і 13 дБ в діапазоні 40 Гц-80Гц. Ці випробування показали, що зниження шуму стало можливим за допомогою VANGUARD на ізольованій доріжці (IST). Так як IST являє собою гумовий баластовий килимок та легше встановлюється, ніж плаваюча доріжка, проте є не настільки ефективною як остання.

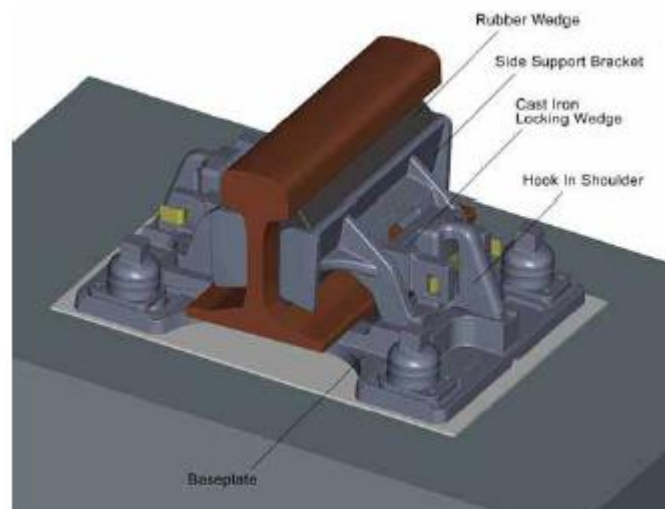


Рисунок 1.16. Pandrol's презентував еластична павутинна підтримка
«Vanguard»

Вбудована залізнична система Edilon Corkelast, що забезпечує зменшення шуму на 5 дБ, була реалізована на залізничному мосту через річку Арно в Пізі [17].

Система Balfour Beatty Embedded Rail System (BBERS) показана в тестовому зразку в Медіні, Іспанія, може знизити рівень шуму на 2 дБ або навіть більше, порівняно з баластовою доріжкою.

1.3.4. Боротьба з аеродинамічними шумами

Аеродинамічний шум стає значним при високій швидкості (понад 200 км / год), досягаючи рівня шуму, аналогічного шуму кочення. Для електричних поїздів, шум пантографа є дуже значним. Тому двома основними джерелами аеродинамічного шуму є пантографи та привідні візки. Пантографи можуть бути екрановані (див. рис.1.16) або ретельно сформовані, тому таким

чином можна досягти зменшення шуму в кожному випадку на 5-10 дБ [32, 33]. Суекі, Ікеда та Такаші[34] показали, що використовуючи пористі покриття для обшивки пантографів, можуть суттєво зменшити аеродинамічний шум (див. рис.1.17).

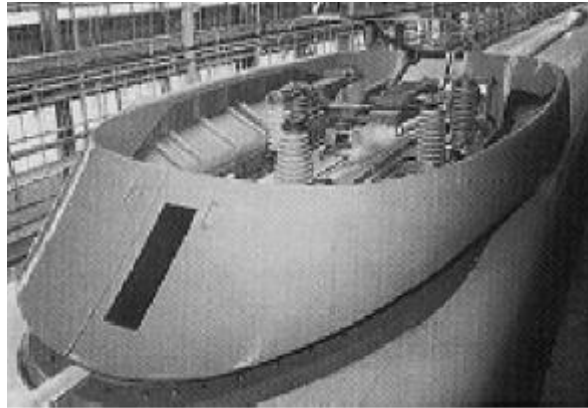


Рисунок 1.17. Щит пантографа японської серії Сінкансен 700

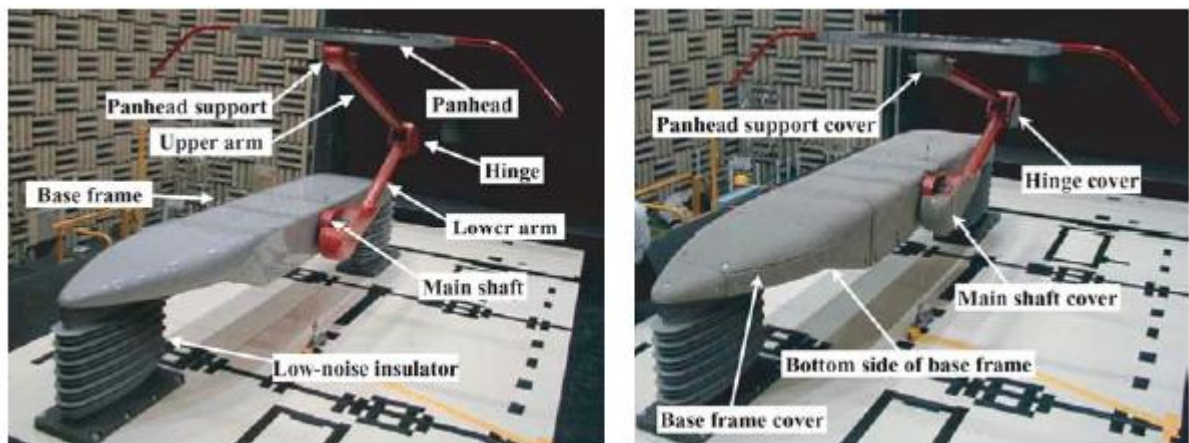


Рисунок 1.18. Пористі покриття пантографів

Вібрації, спричинені взаємодією транспортного засобу та колії, проходять через землю зі швидкістю, що залежить від типу ґрунту. Чим більш м'який ґрунт, тим менша швидкість розповсюдження та більше загасання хвиль. Якщо швидкість поїзда перевищує швидкість розповсюдження вібрації землі, то це створює ґрунтову вібраційну «стрілу», аналогічну звуковій. Це явище можна спостерігати коли літаки проривають звуковий бар'єр в повітрі. На практиці це означає, що існує порогова швидкість поїзда, вище якої різко зростає вібрація землі. Для торф'яних і глинистих ґрунтів ця швидкість може досягати 150 км / год, але на неї також впливає відстані між візками та між вісьми [35].

Що стосується високошвидкісних поїздів на високошвидкісних лініях, то часто використовуються колії без баласту. Оскільки цей шар є твердим, на відмінну від ґрунту, то шум може збільшуватися за рахунок жорсткої бетонної шпали, низького поглинання шуму і швидкого розходження хвилі. Нормальне рішення полягає в тому, щоб прикривати сліди без баласту за допомогою амортизаторів.

2 ПІДГОТОВКА ДО ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1. Обрання ділянка дослідження.

Об'єктом дослідження стала ділянка залізничної дороги де теоретично можливе порушення державних будівельних норм з шумового забруднення. А так як порушення умов шумового забруднення може негативно вплинути на здоров'я людей, які проживають або проводять значний час своєї життєдіяльності в цій зоні. Тому потрібно буде експериментально дослідити й запропонувати методи покращення шумового стану цієї ділянки.

Отже, було вибрано ділянку залізничної дороги в районі залізничної станції «Караваєві дачі» (див. рис. 2.1 та 2.2), де неподалік від колії знаходиться Спеціалізована школа №149, новозбудований житловий комплекс «Самрус», спорткомплекс КПП та невеликий приватний житловий сектор. Розглянемо детальніше розташування кожного з вищеперелічених об'єктів по відношенню до залізничного шляхопроводу.

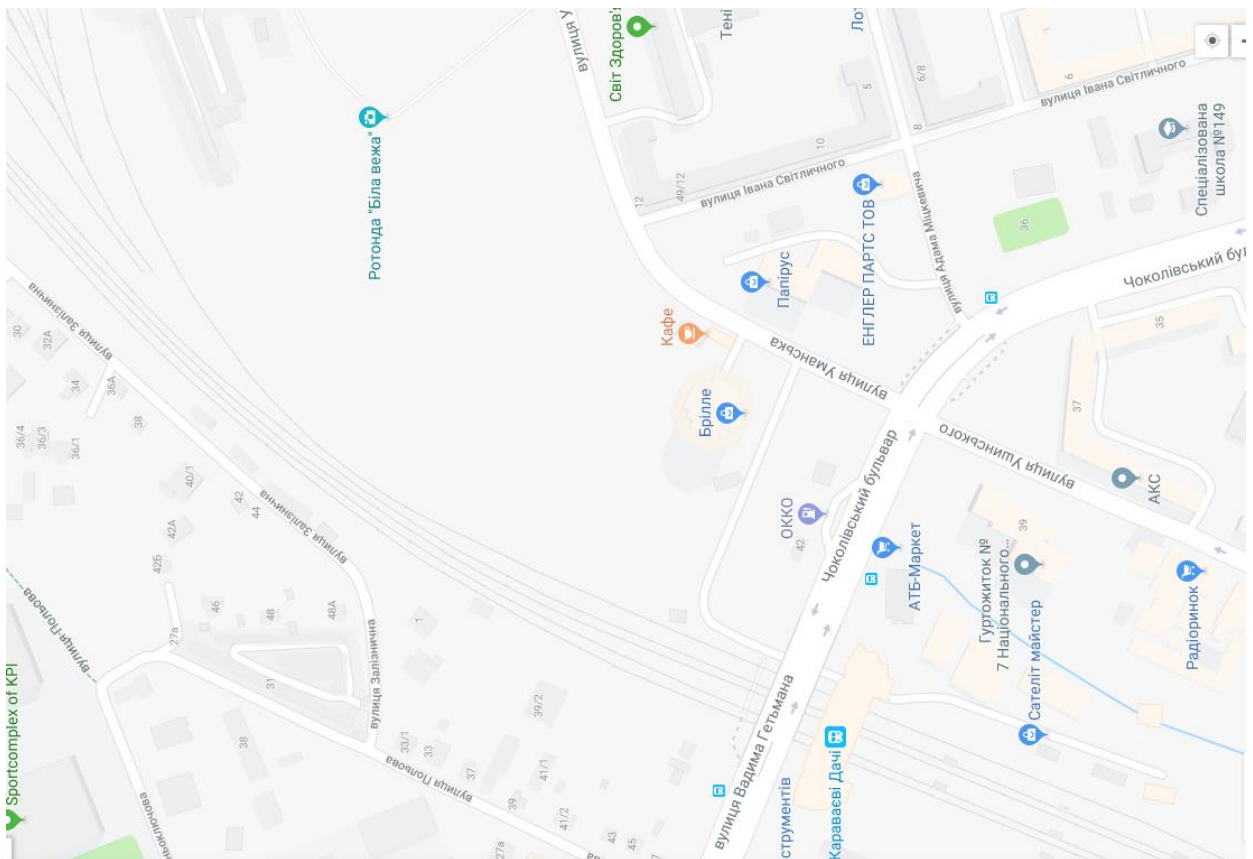


Рисунок 2.1. Карта ділянки спостереження [37]

Таблиця 2.1. Відстані між спорудами та залізницею

Тип споруди	Відстань до точки вимірювань	Мін. відстань залізниці
Спеціалізована школа №149	480 м	376 м
ЖК «Самрус»	210 м	208 м
Спорткомплекс КПП	280 м	187 м
Приватний житловий сектор	44 м	26 м

2.2.1. Загальні положення.

2.2.2. Апаратура.

Вимірювання еквівалентного рівня звуку проводились шумоміром зі стрілочним індикатором рівнів звуку, відповідних ГОСТ 17187-81.

2.2.3. Умови вимірювання.

Місця проведення вимірювання вибиралось на узбіччі залізничної ділянки з усталеною швидкістю руху потягів та на відстані не менше 50 м від перехресть, транспортних площ і зупиночних пунктів пасажирського громадського транспорту.

Вимірювання проводились за умови, що баластовий шар трамвайних і залізничних колій не був мокрим та промерзшим.

Вимірювання проводились в періоди максимальної інтенсивності руху транспортних потоків.

Вимірювання не проводилося під час випадання атмосферних опадів та при швидкості вітру більше 5 м / с. При швидкості вітру від 1 до 5 м / с застосовувався ковпак для захисту вимірювального мікрофона від вітру.

2.2.4. Проведення вимірювання.

При проведенні вимірювання шумової характеристики потоку залізничних поїздів вимірювальний мікрофон повинен розташовуватися на відстані $(25 \pm 0,5)$ м від осі ближнього до точки вимірювання магістральної залізничної колії та на висоті $(1,5 \pm 0,1)$ м від рівня землі. Проте в умовах обмеженої забудови вимірювальний мікрофон допускається розташовувати на відстані меншій 25 м від осі ближнього до точки вимірювання залізничної колії, але не ближче 1 м від стін будинків, суцільних заборів і інших споруд або елементів рельєфу, що відбивають звук.

Вимірювальний мікрофон бути направлений в сторону транспортного потоку. Оператор, який проводив вимірювання, знаходився на відстані не менше ніж 0,5 м від вимірювального мікрофона.

Перемикач частотної характеристики вимірювальної апаратури при проведенні вимірювання рівнів звуку був встановлений в положення "А", а перемикач часової характеристики - в положення відповідно до вимог інструкцій по експлуатації приладів.

Тривалість періоду вимірювання шумової характеристики потоку залізничних поїздів становила не менше 1 г.

При проведенні вимірювання шумової характеристики транспортного потоку, до складу якого входять залізничні потяги, за допомогою шумоміра зі стрілочним індикатором рівнів звуку визначався рівень звуку ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортні потоки. Методи вимірювання шумової характеристики, L_A дБА, в період проходження залізничного потягу перед вимірювальним мікрофоном по середньому показнику при коливанні стрілки приладу.

Значення рівнів звуку зчитувався зі шкали шумоміра з точністю 1 дБА.

Рівні звуку перешкод, створюваних сторонніми джерелами шуму в період вимірювання шумових характеристик транспортних потоків, були не менше ніж на 20 дБА нижче рівнів при проходженні перед вимірювальним мікрофоном транспортних засобів, включно з перешкодами.

Одночасно з вимірюванням шумової характеристики транспортного потоку визначався його склад, інтенсивність та швидкість руху [38].

3 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Отримання даних з експериментів.

3.1.1. Опис місця проведення експерименту.

Експеримент проводився поблизу вулиці Польової будинку 32/2 (див. рис.3.1.). Шумомір розташовувався на відстані 15 м від осі найближчої колії.

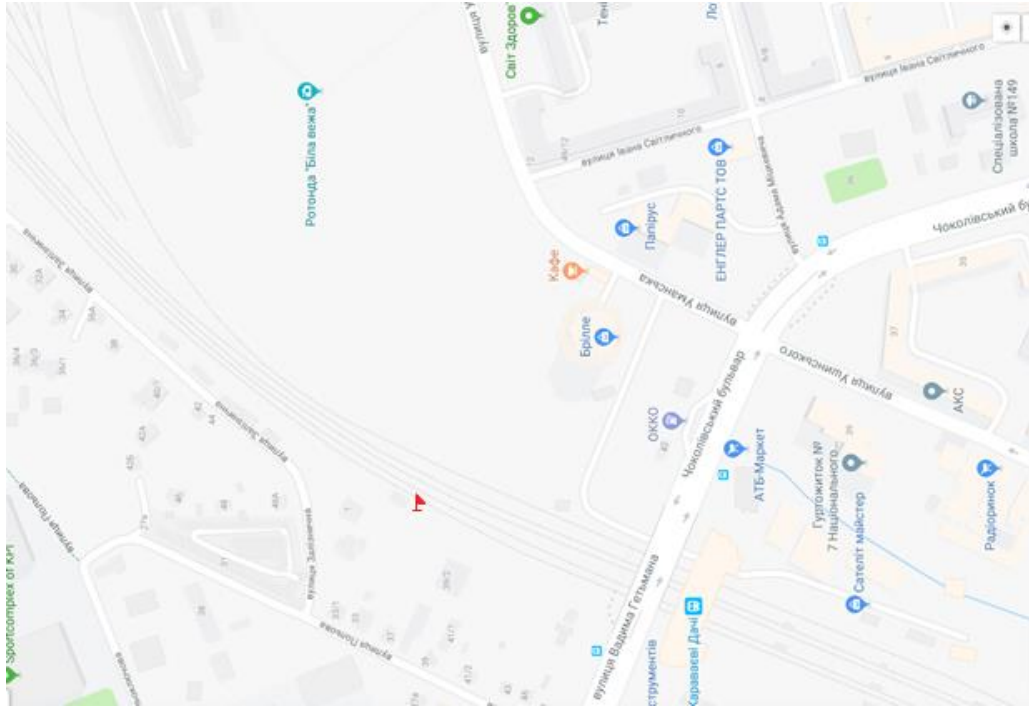


Рисунок 3.1. Карта місцезнаходження ділянки де проводилося зняття даних

Відстані від точки де проводилося зняття даних до різних споруд див. таблиця 2.1.

3.1.2. Дані першого експерименту.

— Місце проведення вимірювання:

м. Київ Солом'янський район, вул. Польова 39/2

— Дата і час проведення вимірювання:

03.03.2019 р 05:58 – 7:05

— Тривалість проведення вимірювання:

1 година 7 хвилин

— Апаратура:

Bruel & Kjaer модель – 2207

Значення рівнів звуку через кожні 3 с, під час проходження потягом перед шумоміром, записані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Рівень звуку потягів

Рівень звуку потягу Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
76	62	65	66	68	59									
Рівень звуку двох електричок L_A , дБА через кожні 3с														
50	55	58	64	81	78	78	78	90						
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
45	45	46	46	50	54	57	60	64	64	63	64	66	62	50
Рівень звуку пасажирського потягу та електрички, дБА через кожні 3с														
54	65	70	65	65	69	82	82	70	78	70	65	58	55	
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
63	70	66	62	56										
Рівень звуку пасажирського потягу L_A , дБА через кожні 3с														
55	67	70	71	73	74	72	60							
Рівень звуку пасажирського потягу L_A , дБА через кожні 3с														
55	57	66	72	68	67	67	64	65	65	66	66	66	60	55
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
50	53	56	63	68	60	60	55							
Рівень звуку потягу Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
50	86	64	63	61	50									
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
40	43	46	50	54	56	56	56	56	56	52				
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
46	50	52	58	67	78	74	74	66						
Рівень звуку пасажирського потягу L_A , дБА через кожні 3с														
66	64	63	65	59	59									
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
50	65	70	71	68	55									

Значення середнього рівня звуку потяга в залежності від швидкості руху записані в таблиці 3.2.

Швидкість руху кожного з потягів розраховуємо за формулою:

$$v_i = \frac{1}{2} \left(\frac{50}{t_{zi}} + \frac{50}{t_{xi}} \right), \quad (1)$$

де t_{zi} і t_{xi} дорівнюють часу проїзду потягом відстані 50 м головою та хвостовою частиною відповідно.

Таблиця 3.2. Середній рівень звуку потягів в залежності від швидкості руху.

Тип потягу	Марка	Рівень звуку L_{Ai} , дБА	Час проїзду потяга перед вимірюванням мікрофоном t_i , с	Час проїзду головною частиною потягу ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{гi}$, с	Час проїзду хвостової частини потяга ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{хi}$, с	Швидкість руху потяга v_i , м/с.
1		2	3	4	5	6
Інтерсіті+	HRSC2	66	2,31	2,45	2,31	21,02
Електричка	ЕД-9м	75	8,23	3,37	3,42	14,72
Електричка	ЕД-9м	75	11,7	3,91	3,47	13,59
Електричка	ЕР-9м	64	9,23-	10,72	10,52	4,71
Пасажирський	ЧС-4	67	29,15	2,98	2,95	16,86
Електричка	ЕР-9м	80	9,61	2,82	2,82	17,73
Електричка	ЕР-9м	66	9,38	4,1	3,97	12,39
Пасажирський	ЧС-4	73	15,94	2,21	2,29	22,23
Пасажирський	ЧС-4	67	29,56	3,01	2,91	16,89
Електричка	ЕР-9м	64	8,97	3,65	3,77	13,48
Інтерсіті+	HRSC2	65	9,72	2,3	2,42	21,2
Електричка	ЕД-9м	56	17,67	5,62	4,97	9,78
Електричка	ЕР-9м	74	9,35	4,25	3,7	12,64
Пасажирський	ЧС-8	64	17,9	2,78	2,69	18,28
Електричка	ЕР-9м	70	7,57	3,12	3,27	15,66

3.1.3. Дані другого експерименту.

— Місце проведення вимірювання:

м. Київ Солом'янський район, вул. Польова 39/2

— Дата і час проведення вимірювання:

15.03.2019 р 05:53 – 7:06

— Тривалість проведення вимірювання:

1 година 13 хвилин

— Апаратура:

Bruel & Kjaer модель – 2207

Значення рівнів звуку через кожні 3 с, під час проходження потягом перед шумоміром, записані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Рівень звуку потягів

Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
60	70	72	71	73	73	73	69	64	57	55				
Рівень звуку потягу електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	64	71	70	71	74	60	55							
Рівень звуку потягу Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
57	66	68	75	62	56									
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	58	62	70	76	80	74	73	62						
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
50	58	66	84	83	72	64								
Рівень звуку пасажирського поїзда, дБА через кожні 3с														
55	67	80	75	66	65	63	65	64	66	65	68	65	52	
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
52	54	53	58	60	65	64	67	68	67	50				
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	59	70	76	78	76	72	60							
Рівень звуку вантажного поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
50	50	54	75	62	60	57								
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
59	62	70	70	68	69	68	68	70	64	57				
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
54	57	70	72	69	68	61	54							
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
57	62	69	69	70	70	69	70	69	66	57				
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	72	64	70	73	70	69	60							
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
60	55	57	68	71	69	69	70	66	69	70	68	69	68	60
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	56	59	62	68	65	66	62	62						
Рівень звуку вантажного поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
63	68	74	78	78	80	78	75	75	74	73	70	70	74	82
84	86	78	78	80	80	79	84	80	81	82	76	72	68	70
73	68	60	55											
Рівень звуку потягу Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
55	65	75	68	68	58									
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
50	50	53	55	55	54	54	54	54	55	54	52			
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
54	60	70	71	69	55									
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
55	57	63	62	61	62	62	61	62	62	61	64	63	57	53
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
51	56	62	68	73	74	70	60							

Значення середнього рівня звуку потяга в залежності від швидкості руху записані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Середній рівень звуку потягів в залежності від швидкості руху.

Тип потягу	Марка	Рівень звуку L_{Ai} , дБА	Час проїзду потяга перед вимірювальним мікрофоном t_i , с	Час проїзду головною частиною потягу ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{гi}$, с	Час проїзду хвостової частини потяга ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{хi}$, с	Швидкість руху потяга v_i , м/с.
1		2	3	4	5	6
Пасажирський	ЧС4	72	19,61	2,16	2,27	22,59
Електричка	ЕД9м	70	12,27	3,8	4,87	11,71
Інтерсіті+	HRSC2	68	9,06	2,15	2,13	23,36
Електричка	ЕД9м	75	12,65	4,17	3,55	13,03
Електричка	ЕР9м	82	7,68	3,12	3,25	15,7
Пасажирський	ЧС4	69	32,35	3,31	3,08	15,67
Електричка	ЕР9м	66	15,83	7	6,42	7,46
Електричка	ЕР9Е	76	10,89	3,45	3,55	14,28
Вантажний	ВЛ80к	63	5,1	8,02	7,71	6,35
Пасажирський	ЧС4	68	20,94	2,12	2,29	22,71
Електричка	ЕР9м	72	12,29	5,35	5,32	9,37
Пасажирський	ЧС4	69	22,53	2,56	2,26	20,82
Електричка	ЕР9м	72	11,23	3,57	3,35	14,46
Пасажирський	ЧС8	69	31,34	3,19	2,89	16,48
Електричка	ЕР9м	66	9,89	4,05	4	12,44
Вантажний	ВЛ80к	78	93,03	6,97	6,36	7,52
Інтерсіті+	HRSC2	68	9,69	2,53	2,31	20,7
Електричка	ЕД9м	54	30,29	8,9	10,1	5,28
Електричка	ЕД9м	71	7,23	4,5	4,6	10,99
Пасажирський	ЧС4	62	32,38	3,31	3,4	14,91
Електричка	ЕР9м	72	11,88	3,72	3,75	13,39

Швидкість руху кожного з потягів розраховуємо за формулою (1)

3.1.4. Дані третього експерименту.

— Місце проведення вимірювання:

м. Київ Солом'янський район, вул. Польова 39/2

— Дата і час проведення вимірювання:

16.03.2019 р 05:54 – 7:19

— Тривалість проведення вимірювання:

1 година 25 хвилин

— Апаратура:

Bruel & Kjaer модель – 2207

Значення рівнів звуку через кожні 3 с, під час проходження потягом перед шумоміром, записані в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Рівень звуку потягів

Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
57	68	78	72	71	66	60								
Рівень звуку потягу Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
55	82	57	68	67	67	59								
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
56	59	63	70	78	81	76	60							
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	60	75	76	78	80	70	55							
Рівень звуку пасажирського поїзда, дБА через кожні 3с														
55	64	70	65	63	62	60	62	62	62	64	63	62	62	61
62	55													
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
56	62	64	63	61	64	72	64	56						
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
55	62	71	72	71	73	71	64	59						
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	66	77	77	76	76	73	63	54						
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	6	64	69	70	73	66	58							
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
56	61	69	70	67	67	69	66	68	68	62	55			
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
56	59	67	67	80	72	71	70	70	70	58				
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
55	60	67	68	69	69	69	68	55						
Рівень звуку пасажирського поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
56	56	62	68	69	68	70	67	67	70	70	68	62		
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
54	57	57	58	59	56	51								
Рівень звуку поїзду Інтерсіті+ L_A , дБА через кожні 3с														
55	66	66	78	62	55									
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
54	56	59	59	60	59	59	59	57	52					
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
56	60	70	70	72	60									
Рівень звуку вантажного поїзда L_A , дБА через кожні 3с														
76	84	80	79	77	77	80	75	80	84	82	79	76	75	78

75	79	89	82	90	83	79	82	82	78	78	92	74	66	55
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	55	58	67	80	80	62								
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	60	66	68	68	65	60	53							
Рівень звуку електрички L_A , дБА через кожні 3с														
55	66	78	80	76	63									
Рівень звуку пасажирського поїзду L_A , дБА через кожні 3с														
61	67	65	70	66	66	68	64	60	55					

Значення середнього рівня звуку потяга в залежності від швидкості руху записані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. Середній рівень звуку потягів в залежності від швидкості руху.

Тип потягу	Марка	Рівень звуку L_{Ai} , дБА	Час проїзду потяга перед вимірюванням мікрофоном t_i , с	Час проїзду головною частиною потягу ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{гi}$, с	Час проїзду хвостової частини потяга ділянки залізничного шляху довжиною 50 м $t_{хi}$, с	Швидкість руху потяга v_i , м/с.
1		2	3	4	5	6
Електричка	ЕД9м	73	10,64	3,37	3,1	15,48
Інтерсіті+	HRSC2	68	9,19	2,28	2,37	21,55
Електричка	ЕР9м	78	8,89	3,75	3,67	13,48
Електричка	ЕД9м	79	11,74	3,92	3,77	13,01
Пасажирський	ЧС4	64	41,1	4,30	3,76	12,46
Електричка	ЕР9м	66	19,53	7,9	8,4	6,14
Пасажирський	ЧС4	72	12,78	2,89	2,72	17,84
Електричка	ЕД9м	76	11,96	3,75	3,57	13,67
Електричка	ЕР9м	70	9,18	3,92	3,67	13,19
Пасажирський	ЧС4	68	23,07	2,31	2,2	22,18
Електричка	ЕПЛ9т	72	15,47	4,8	5,07	10,14
Пасажирський	ЧС8	68	17,78	2,8	2,82	17,79
Пасажирський	ЧС4	69	28,46	2,89	3,02	16,96
Електричка	ЕР9е	58	15,63	7,32	6,45	7,15
Інтерсіті+	HRSC2	66	9,57	2,37	2,46	20,71
Електричка	ЕД9м	59	19,85	6,27	6	8,15
Електричка	ЕР9м	73	7,25	3,05	3,25	15,89
Транспортний	ВЛ80	80	78,25	4,49	4,92	10,7
Електричка	ЕР9м	79	5,46	3,45	3,35	14,71
Електричка	ЕР9м	67	14,3	3,85	3,35	13,96
Електричка	ЕР9м	78	8,93	2,9	3,05	20,16

Пасажи́рський	ЧС4	68	20	2,42	2,33	21,06
---------------	-----	----	----	------	------	-------

Швидкість руху кожного з потягів розраховуємо за формулою (1)

3.1.5. Дані четвертого експерименту.

— Місце проведення вимірювання:

м. Київ Солом'янський район, вул. Польова 39/2

— Дата і час проведення вимірювання:

29.03.2019 р 06:03 – 7:26

— Тривалість проведення вимірювання:

1 година 23 хвилини

— Апаратура:

Bruel & Kjaer модель – 2207

Значення рівнів звуку на октавних частотах, під час проходження потягом перед шумоміром, записані в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Рівень звуку потягів

Електричка ЕР9м при швидкості руху 13,27 м/с (час проїзду – 8,97)							
Октавні частоти, Гц	31,5						
Рівень звуку, дБ	70						
Інтерсіті+ HRSC2 при швидкості руху 21,18 м/с (час проїзду – 9,55)							
Октавні частоти, Гц	31,5						
Рівень звуку, дБ	70						
Електричка ЕР9м при швидкості руху 16,98 м/с (час проїзду – 9,6)							
Октавні частоти, Гц	63						
Рівень звуку, дБ	78						
Пасажи́рський ЧС4 при швидкості руху 15,01 м/с (час проїзду – 34,37)							
Октавні частоти, Гц	31,5	63	125				
Рівень звуку, дБ	67	69	66				
Електричка ЕР9м при швидкості руху 16,33 м/с (час проїзду – 9,72)							
Октавні частоти, Гц	250						
Рівень звуку, дБ	79						
Електричка ЕР9м при швидкості руху 13,52 м/с (час проїзду – 8,9)							
Октавні частоти, Гц	500						

Рівень звуку, дБ	64						
Пасажи́рський ЧС4 при швидко́сті руху 23,72 м/с (час проїзду – 19,59)							
Октавні частоти, Гц	250	500	1000				
Рівень звуку, дБ	60	64	67				
Електричка ЕР9м при швидко́сті руху 8,68 м/с (час проїзду – 13,69)							
Октавні частоти, Гц	1000						
Рівень звуку, дБ	60						
Пасажи́рський ЧС4 при швидко́сті руху 12,2 м/с (час проїзду – 40,22)							
Октавні частоти, Гц	250	500	2000	4000	8000		
Рівень звуку, дБ	59	57	59	60	48		
Пасажи́рський ЧС4 при швидко́сті руху 17,85 м/с (час проїзду – 30,01)							
Октавні частоти, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	
Рівень звуку, дБ	68	68	66	65	63	60	
Інтерсіті+ HRSC2 при швидко́сті руху 21,15 м/с (час проїзду – 9,41)							
Октавні частоти, Гц	63						
Рівень звуку, дБ	70						
Електричка ЕД9м при швидко́сті руху 11,74 м/с (час проїзду – 13,73)							
Октавні частоти, Гц	31,5						
Рівень звуку, дБ	66						
Пасажи́рський ЧС4 при швидко́сті руху 18,49 м/с (час проїзду – 27,25)							
Октавні частоти, Гц	31,5	63	125	250	500		
Рівень звуку, дБ	68	66	58	58	61		
Електричка ЕР9м при швидко́сті руху 16,89 м/с (час проїзду – 7,25)							
Октавні частоти, Гц	4000						
Рівень звуку, дБ	58						
Електричка ЕД9м при швидко́сті руху 13,66 м/с (час проїзду – 8,81)							
Октавні частоти, Гц	63	125					
Рівень звуку, дБ	78	80					
Електричка ЕР9м при швидко́сті руху 12,84 м/с (час проїзду – 18,12)							
Октавні частоти, Гц	1000						
Рівень звуку, дБ	59						
Електричка ЕР9м при швидко́сті руху 12,8 м/с (час проїзду – 9,57)							
Октавні частоти, Гц	2000						
Рівень звуку, дБ	69						

Пасажи́рський ЧС4 при швидкості руху 25,64 м/с (час проїзду – 20,88)							
Октавні частоти, Гц	500	1000	2000	4000			
Рівень звуку, дБ	60	58	58	55			
Електричка ЕР9м при швидкості руху 17,96 м/с (час проїзду – 6,66)							
Октавні частоти, Гц	125						
Рівень звуку, дБ	84						
Електричка ЕД9м при швидкості руху 9,24 м/с (час проїзду – 8,67)							
Октавні частоти, Гц	250	500					
Рівень звуку, дБ	70	60					
Електричка ЕР9м при швидкості руху 16,75 м/с (час проїзду – 9,74)							
Октавні частоти, Гц	125	250	500				
Рівень звуку, дБ	68	66	60				
Пасажи́рський ЧС4 при швидкості руху 15,49 м/с (час проїзду – 30,35)							
Октавні частоти, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000
Рівень звуку, дБ	64	64	57	55	52	52	51

3.2. Методи розрахунків отриманих даних.

Розрахунок еквівалентного руху потоку потягів можна розраховувати двома методами.

Перший метод полягає у тому, що знаючи середній рівень фонового шуму та рівень шуму при проходженні потяга, можна визначити еквівалентний рівень шуму за увесь час вимірювань. Для обчислення користуються формулою:

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{A_i}} \right), \quad (2)$$

де:

N – кількість відліків узятих за повний період вимірювань.

Другий метод полягає у знаходженні еквівалентних рівнів шуму кожного з потягів знаючи середнє значення рівня шуму потяга та його швидкість. Обчислення проводяться за формулою:

$$L_{\text{АеквП}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{10^{0,1L_{A_i}}}{Tv_i} \cdot (v_i t_i + 0,6r_0) \right), \quad (3)$$

де:

T – тривалість періоду вимірювання шумової характеристики потоку залізничних поїздів, с;

v_i – швидкість руху i -го поїзда, м / с;

t_i – час проїзду i -го поїзда перед вимірювальним мікрофоном, с;

r_0 – відстань від осі ближньої до точки вимірювання колії залізниці до вимірювального мікрофона, м; зазвичай.

Еквівалентний рівень звук $L_{АеквП}$ дБА, потоку поїздів визначають шляхом енергетичного підсумовування отриманих еквівалентних рівнів звуку окремих поїздів $L_{Аекв}$ дБА за допомогою таблиці.

Таблиця 3.8. Коефіцієнти рівнів звуку в залежності від їх різниці

Різниця двох складених еквівалентних рівнів звуку	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка до більш високого еквівалентного рівня звуку , дБА	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1

Додавання еквівалентних рівнів звуку за допомогою таблиці виробляють послідовно, починаючи з максимального, в наступному порядку:

- обчислюють різницю двох складаються еквівалентних рівнів звуку;
- визначають добавку до більш високого з двох складаються еквівалентних рівнів звуку по таблиці в залежності від отриманої різниці цих рівнів;
- виробляють складання отриманої добавки і більш високого з двох складаються еквівалентних рівнів звуку.

Аналогічні дії роблять з отриманою сумою двох еквівалентних рівнів звуку і третім рівнем і т.д.

3.3. Розрахунок

3.3.1. Розрахунок першим способом

Використовуючи формулу (2), та дані таблиць (3.1; 3.3; 3.5;), знаходимо значення еквівалентного рівня шуму за увесь період.

Рівень шуму під час першого експерименту склав – $L_{Aекв} = 61,2349$ дБА.

Рівень шуму під час другого експерименту склав – $L_{Aекв} = 65,5725$ дБА.

Рівень шуму під час третього експерименту склав – $L_{Aекв} = 66,7204$ дБА.

3.3.2. Розрахунок другим способом.

Використовуючи формулу (3), та дані таблиць (3.2; 3.4; 3.6;), знаходимо значення еквівалентного рівня шуму кожного з потягів, та запишемо їх у відповідні таблиці.

Таблиця 3.9. Еквівалентні рівні звуку для кожного поїзду (перший експеримент)

Тип потягу	Рівень звуку L_A дБА
1	2
Інтерсіті +	40,1
Електричка	48,6
Електричка	50
Електричка	38,9
Пасажирський	45,7
Електричка	54,1
Електричка	40,2
Пасажирський	49,2
Пасажирський	45,8
Електричка	38
Інтерсіті +	39,1
Електричка	32,8
Електричка	48,2
Пасажирський	40,7
Електричка	47,3

Таблиця 3.10. Еквівалентні рівні звуку для кожного поїзду (другий експеримент)

Тип потягу	Рівень звуку L_A дБА
1	2
Пасажирський	48,6
Електричка	44,9
Інтерсіті+	41,4
Електричка	50
Електричка	54,9
Пасажирський	47,8
Електричка	42,1
Електричка	50,3
Вантажний	35,3
Пасажирський	44,9
Електричка	47
Пасажирський	46,2
Електричка	46,5
Пасажирський	47,7
Електричка	40
Вантажний	61,4
Інтерсіті+	41,8
Електричка	32,8
Електричка	43,9
Пасажирський	40,8
Електричка	46,7

Таблиця 3.11. Еквівалентні рівні звуку для кожного поїзду (третій експеримент)

Тип потягу	Рівень звуку L_A дБА
1	2
Електричка	46,6
Інтерсіті+	40,9

Електричка	50,9
Електричка	53
Пасажирський	43,2
Електричка	42,3
Пасажирський	46,3
Електричка	50,1
Електричка	43,1
Пасажирський	44,7
Електричка	53,2
Пасажирський	43,6
Пасажирський	46,6
Електричка	33,4
Інтерсіті +	39
Електричка	35,3
Електричка	45,1
Вантажний	61,9
Електричка	50
Електричка	41,8
Електричка	50,8
Пасажирський	44,1

Далі керуючись пунктом 3.2 (другий метод) проводимо подальші розрахунки й знаходимо еквівалентний рівень шуму по кожному експерименті.

Рівень шуму під час першого експерименту склав – $L_{Aeq} = 59,4$ дБА.

Рівень шуму під час другого експерименту склав – $L_{Aeq} = 65,1$ дБА.

Рівень шуму під час третього експерименту склав – $L_{Aeq} = 65,7$ дБА.

Як бачимо похибка між цими методами склала лише $\pm 3\%$. Отже з цього приводу можна сказати що можна користуватись як першим так і другим методом.

3.3.3. Додаткові розрахунки.

Побудуємо графіки залежностей рівнів шуму від швидкості руху потягів в середовищі Matlab.

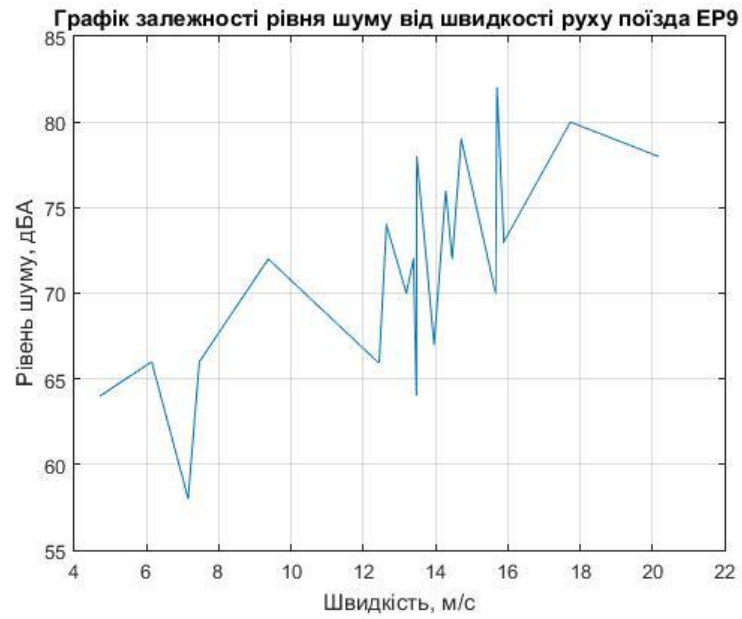


Рисунок 3.2. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда ЕР9



Рисунок 3.3. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда ЕД9

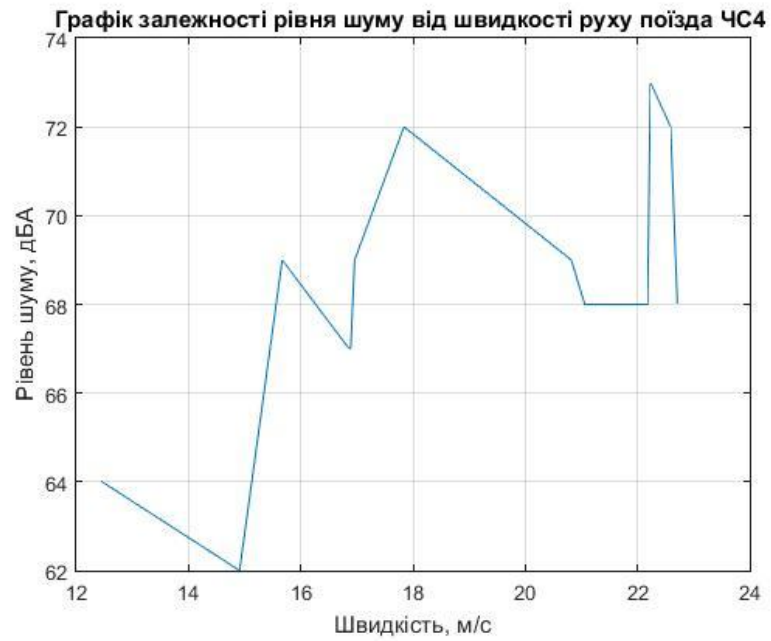


Рисунок 3.4. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда ЧС4

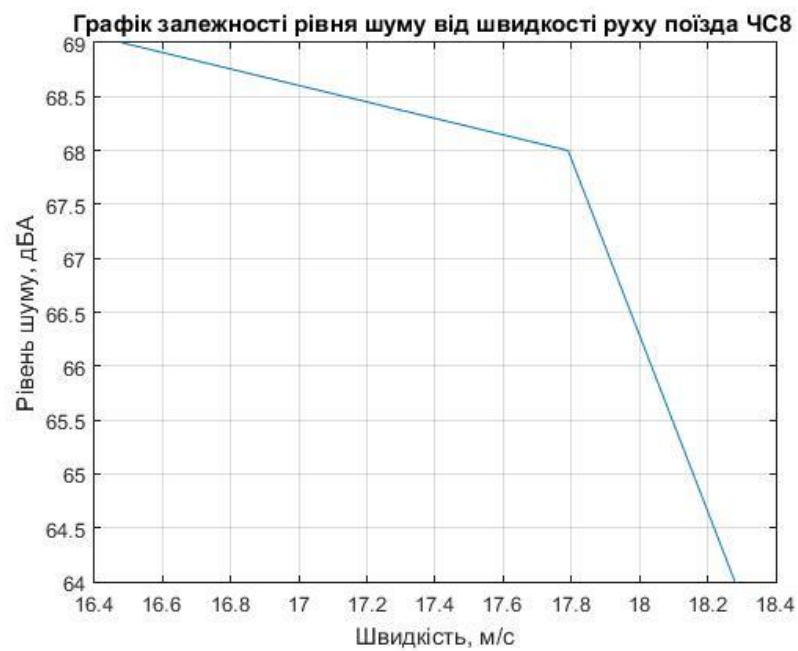


Рисунок 3.5. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда ЧС8

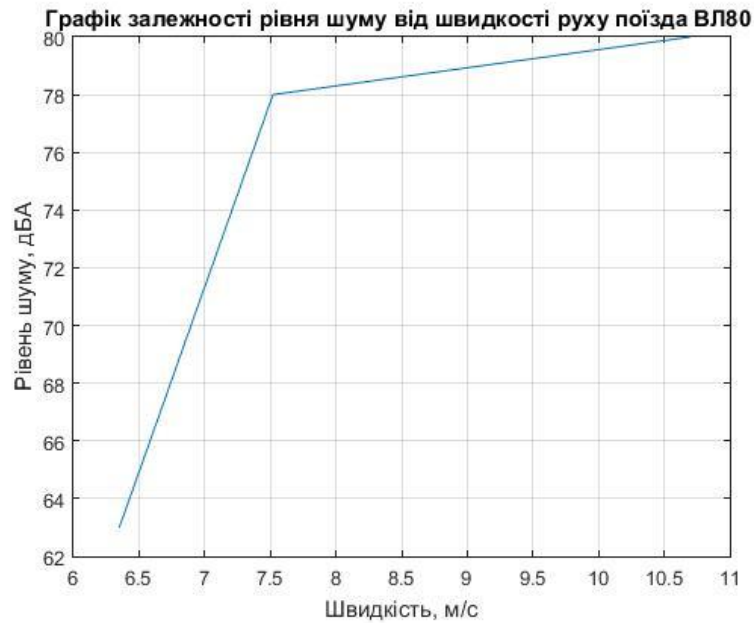


Рисунок 3.6. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда ВЛ80



Рисунок 3.7. Графік залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда Hyundai HRCS2

Як бачимо на графіках – у нас розкидані значення рівнів шуму, це насамперед зумовлено тим, що поїзди курсували на різній відстані до приймача а також якістю колій та самих транспортних засобів. Інше що було помічено – це зростання рівня шуму при зростанні швидкості. І найбільш шумними на цій ділянці дорозі виявились електрички та вантажні потяги. Отже, саме на них нам потрібно сконцентрувати усю увагу.

4 МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

4.1. Боротьба з шумами.

Так, як за стандартом (ДБН 360—92 [39]) еквівалентний рівень шуму в період з 23 год – 7 год не повинен перевищувати 45 дБА, а максимальне значення шуму не повинно перевищувати 60 дБА, ми бачимо суттєве відхилення. Тому слід звернути увагу на дану проблему, та запропонувати декілька методів її вирішення.

4.2. Зниження шуму шляхом модернізації рухомого складу залізниці.

4.2.1. Заміна старих чавунних гальмівних колодок на сучасні композитні типу LL – блоків.

Wabtec Corporation [40] пропонує безліч варіантів композитних гальмівних колодок типу LL, які порівняно з чавунними, знижують рівень шуму на 7-10 дБ. Тому розглянемо деякі з них детальніше.

Гальмівні колодки COBRA® TREADGUARD



Рисунок 4.1. Гальмівна колодка COBRA® TREADGUARD V-674 [40]

Варіації:

Для вантажних вагонів:

- V672 - 1.5" Hi Cap Freight TREADGUARD® Гальма "Day One";
- V674 - 2" Hi Cap TREADGUARD® Гальма "Day One".

Для локомотивів:

- V606 - 18" Всепогодна гальмівна колодка
- V626 - 14" "Day One" TREADGUARD® Гальмівна колодка

Гальмівні колодки COBRA® TreadGuard® мають спеціальний композиційний матеріал і вкладиш з чавуну і вони:

- зводять до мінімуму виникнення заворотів на протекторі колеса;
- очищує протектор колеса;
- покращує щеплення колеса до рейки;
- забезпечує більш тривалий термін служби гальмівної колодки

Основні характеристики V674 :

Довжина – 12 дюймів.

Ширина – 3.38 дюйма.

Товщина – 2 дюйма.

Кількість та вага піддону з колодками –192 шт, 1568 кг.

Гальмівні колодки Frenoplast



Рисунок 4.2. Гальмівна колодка Frenoplast FR9149 [41]

Композитні гальмові колодки типу LL фірми Frenoplast [41] для електропоїздних блоків, оснащених блоковими гальмами і типом LL для вантажних вагонів, застосовуються в якості заміни чавунних вставок, без необхідності зміни конструкції гальмівної системи. Він виготовлений з безасбестового, маслостійкого, литого фрикційного матеріалу. Він містить смоли, еластomers, модифікатори тертя і мінеральні волокна, що підсилюють його структуру.

Він не демонструє агресивності до антифрикційного матеріалу і забезпечує спокійне гальмування без іскри. Він характеризується

багаторазовим меншим рівнем зносу в порівнянні з чавунними, високим термічним опором і стабільним коефіцієнтом тертя в змінних атмосферних умовах.

Основні характеристики FR9149 :

Довжина – 400 мм.

Ширина – 80 мм.

Товщина – 60 мм.

4.2.2. Проведення ремонтних робіт по відновленню (покращенню) стану рейок колії та протекторів коліс

Так як стан залізничної колії не в найкращому стані, тому слід провести ремонтні роботи по усій її ділянці. Для усунення гофроподібних дефектів на рейках та колесах поїздів, потрібно провести спеціальне акустичне очищення (подрібнення) поверхні. За допомогою цього можна знизити рівень шуму ще на 3 дБ.

4.2.3. Поступова заміна рухомого складу на сучасні зразки.

Більшість рухомого складу ПАТ «Укрзалізниця» складається з потягів 80 – 90-х років виробництва. Тому їх використання збільшує шумове забруднення середовища. Адже більшість локомотивів та електропоїздів працюють ще на своїх первинних двигунах, і цим лише збільшують шум тяги потяга з часом. Корпуси та пантографи цих же потягів також є застарілими і поступаються в аеродинаміці більш новітнім зразкам. Проте найбільшої шкоди шумовому стану середовища завдає шум кочення, який спричиняється нерівностями на рейках та колесах. А ці нерівності зазвичай виникають при використанні чавунних гальмівних колодок, які погано впливають на стан коліс. А ті у свою чергу псують колію.

Отже, при поступовій заміні рухомого складу, можна добитись як суттєвого зниження шумового забруднення середовища, так і покращити якість перевезень багажів чи пасажирів.

Так як в місті Києві великий пасажиропотік та його лівова частина припадає на залізницю, тому розглянемо декілька альтернативних варіантів заміни старих електричок на нові компанії Pesa [42].

Pesa Sundeck



Рисунок 4.3. Електричка Pesa Sundeck [42].

Таблиця 4.1. Технічні характеристики поїзду Pesa Sundeck

Конструкційна швидкість, км/год	160
Основними складовими	3-8 секційних комплектів
Довжина електропоїзда основною складовою, м	207,3
Довжина вагона по осях автозчеплень, мм	головному – 26270 причіпному – 25800
Ширина вагона, мм	2778
Висота вагону, мм	4600
Кількість місць для сидіння в поїзді	1040
Номінальна місткість (місця для сидінь плюс 4 пас./м ²)	в поїзді — 300-900 в головному — 86 в моторному — 130

Pesa Elf2



Рисунок 4.4. Електричка Pesa Elf2 [42].

Таблиця 4.2. Технічні характеристики поїзду Pesa Elf2

Конструкційна швидкість, км/год	160
Основними складовими	2-6 секційних комплектів
Довжина електропоїзда основною складовою, м	58,95
Ширина вагона, мм	2880
Висота вагону, мм	4280
Кількість місць для сидіння в поїзді	161
Тип двигуна	асинхронний
Система тяги	реостатно-контактна
Тип струму	Змінний (25 кВт)
Загальна потужність, кВт	4x400

4.3. Зниження шуму шляхом встановлення шумозахисних споруд безпосередньо на проблемній ділянці дороги.

4.3.1. Встановлення шумозахисних екранів.

Найпоширенішим методом боротьби з шумом є встановлення шумозахисних екранів. Ці бар'єрні системи поділяються на високі та низькі. Кожна з цих систем має як свої переваги так і недоліки. Розглянемо більш детально кожен з них.

Низькі шумозахисні бар'єри, є чудовим вирішенням проблем з шумом для залізничних ділянок дороги які проходять через місця з чудовими пейзажами. А низька і економна конструкція дозволяє встановлювати бар'єр прямо біля залізничних колій, тим самим поглинаючи шум біля джерела.

Компанія Forster [43] пропонує свою новаторську систему захисту від шуму (Noise Breaker), що складається з самонесучого бетонного блоку з інтегрованим кабельним каналом і високопоглинаючих алюмінієвих шумозахисних елементів, які вставляються в сталеві опори відповідного розміру. Ця система не впливає на зони безпеки, а також на дренажну систему. Шарнірні з'єднувальні з'єднання дозволяють встановлювати їх як по прямих, так й по криволінійних коліях (див. рис. 4.4).

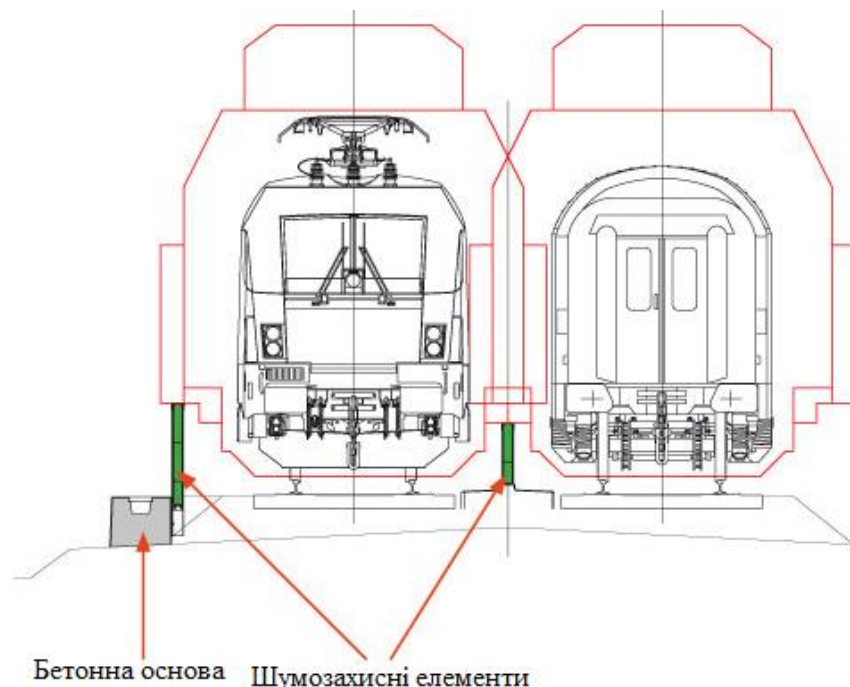


Рисунок 4.5. Приклад встановлення системи Noise Breaker [43]

Установка поруч із колією зменшує випромінювання шуму безпосередньо біля джерела – там, де колесо контактує з рейкою, про що свідчать польові випробування, проведені для вивчення шумових

властивостей та вимірювання динамічних навантажень, що відбуваються при проходженні поїзда (див. рис. 4.5).

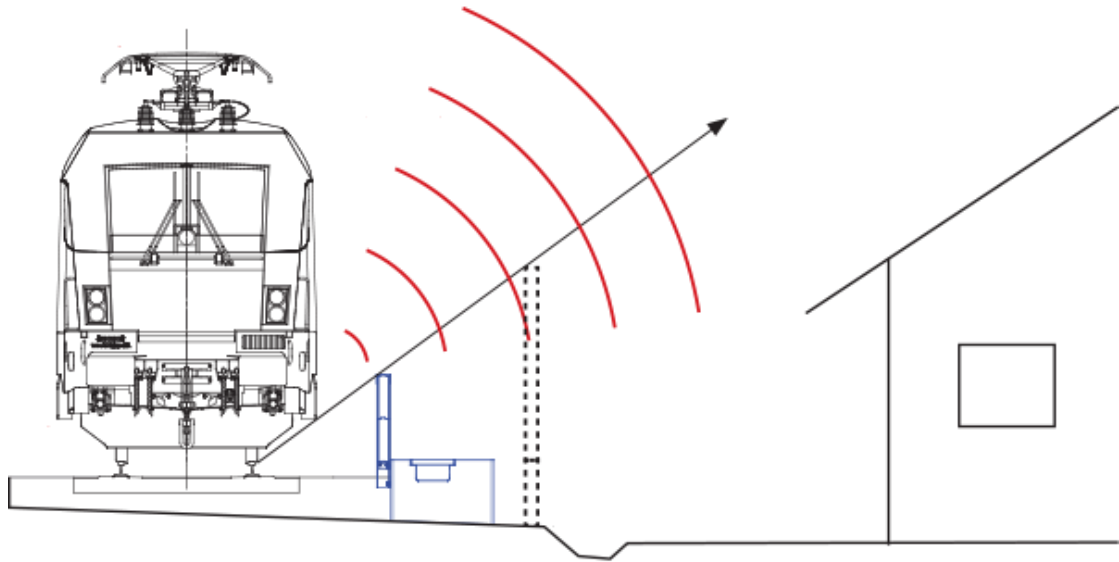


Рисунок 4.6. Протидія шуму системи Noise Breaker у порівнянні з високими бар'єрами [43]



Рисунок 4.7. Уже встановлені системи Noise Breaker [43]

Високі шумозахисні бар'єри можуть більше поглинати шум але вони є громіздкими, і у випадку різних надзвичайних ситуацій, можуть складати перешкоду для відповідних спецслужб. І вони встановлюються на дуже проблемних ділянках залізничної дороги.



Рисунок 4.8. Високі бар'єрні системи у використанні [43]

Компанія Forster [43] пропонує свої шумозахисні панелі різних дизайнів:

Дизайн 1 (Високе поглинання з обох сторін)



Рисунок 4.9. Панель з високим ступенем поглинання [43]

Таблиця 4.3. Технічні характеристики панелі

Повітряна звукоізоляція	$DL_R = 25 - 31$ дБ (В3)
Поглинання звуку	$DL_\alpha = 12$ дБ (А4)
Матеріали	Алюміній, поліестер порошковим покриттям

Дизайн 2 (Прозорий елемент контролю шуму залізничного транспорту)



Рисунок 4.10. Прозора звукоізолююча панель [43]

Таблиця 4.4. Технічні характеристики панелі

Повітряна звукоізоляція	$DL_R = 26 - 33$ дБ (B3) (в залежності від типу скла)
Поглинання звуку	$DL_\alpha = 12$ дБ (A4)
Основні матеріали	Алюміній, поліестер порошковим покриттям
Прозорі матеріали	Оргскло Soundstop XT; GS; GSCC; ламіноване безпечне скло VSG
Товщина скла	15-20 мм

Дизайн 3

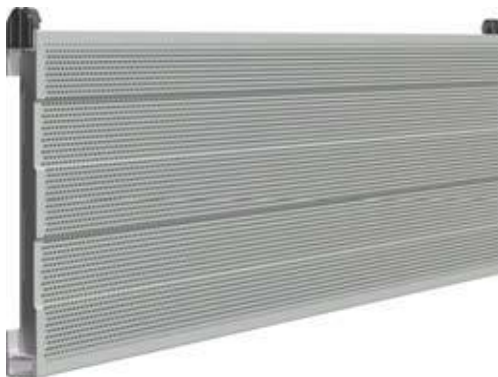


Рисунок 4.11. Звукопоглинальна панель [43]

Таблиця 4.5. Технічні характеристики панелі

Поглинання звуку	$DL_\alpha = 12$ дБ (A4)
Матеріали	Алюміній, поліестер порошковим покриттям

Ковпак з резонатором $\lambda/4$

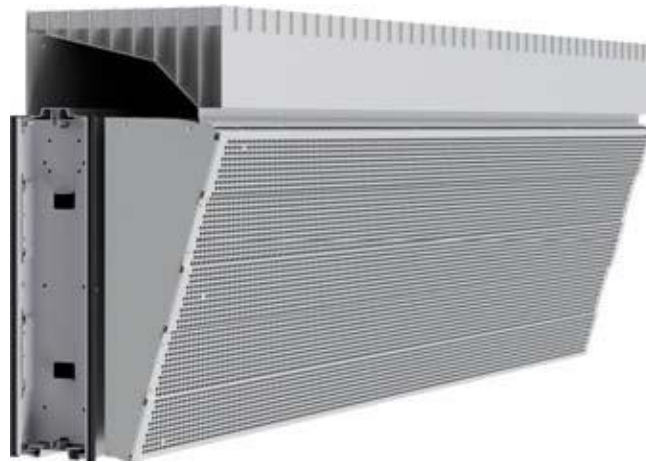


Рисунок 4.12. Звуковий резонатор [43]

Таблиця 4.6. Технічні характеристики панелі

Різниця звукових дифракційних індексів	$DL_{\text{RADI, SITU}} = 2 \text{ dB}$
Повітряна звукоізоляція	$DL_R = 25 - 26 \text{ dB (B3)}$
Поглинання звуку	$DL_\alpha = 12 \text{ dB (A4)}$
Матеріали	Алюміній, поліестер порошковим покриттям

4.3.2. Встановлення рейкових амортизаторів.

Рейкові амортизатори – це демпфери, які використовуються для зменшення викидів шуму та вібрації від колій. Вони складається зі сталевого армованого важкого еластомерного з'єднання і виробляється за допомогою спеціального вулканізуючого процесу. За їх допомогою можна знизити шум на 5-7 дБ. Розглянемо декілька таких амортизаторів від різних виробників.

Компанія British Steel [44] представляє систему рельсових амортизаторів SilentTrack, яка має змогу знизити рівень шуму до 7 дБ (див. рис.1.14 та рис. 4.10).

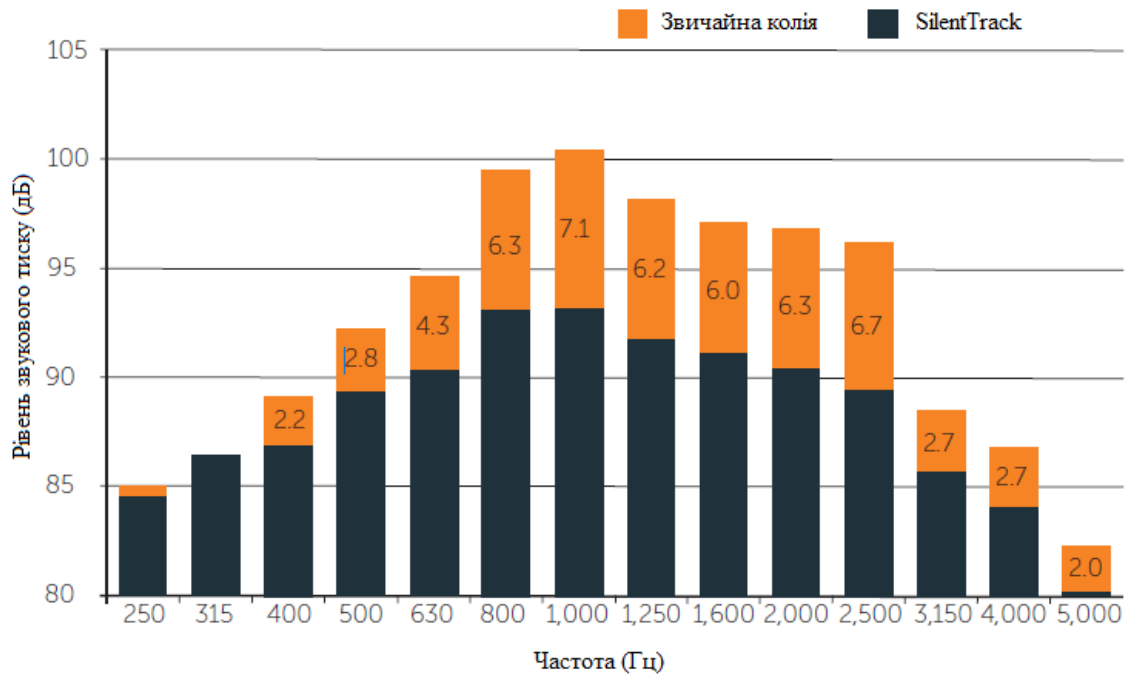


Рисунок 4.13. Графік залежності звукового тиску від частоти з та без використання системи рельсових амортизаторів SilentTrack [44]

Ця система рельсових амортизаторів має ряд переваг:

- Зниження пікових рівнів шуму на 3-6 дБ.
- Широка частотна характеристика у найпроблемнішому частотному діапазоні залізничного шуму.
- Система, може бути налаштована для оптимальної роботи на конкретних коліях.
- Відсутність потреби в обслуговуванні.
- Розширені методики встановлення дозволяють мінімізувати час простою залізничної ділянки.
- Тривалий термін служби – при правильному встановленні, система буде продовжувати виконувати свою роботу протягом всього життя залізниці.
- Відсутність впливу на інші елементи існуючої залізничної інфраструктури.
- Відсутність перешкод для інших видів технічного обслуговування..
- Візуально ненав'язливий.

- Забезпечує економію коштів за рахунок зменшення потреби в акустичних бар'єрах.



Рисунок 4.14. SilentTrack у використанні [44]

Компанія STRAILastic [45] представляє систему рельсових поглиначів STRAILastic_A inox 2.0, яка має змогу знизити рівень шуму до 6 Дб.

Амортизатори STRAILastic_A inox 2.0 працюють як поглиначі використовуючи свою вагу для послаблення вібрацій рейки, а цим зменшують викиди шуму та вібрацій в навколишнє середовище.

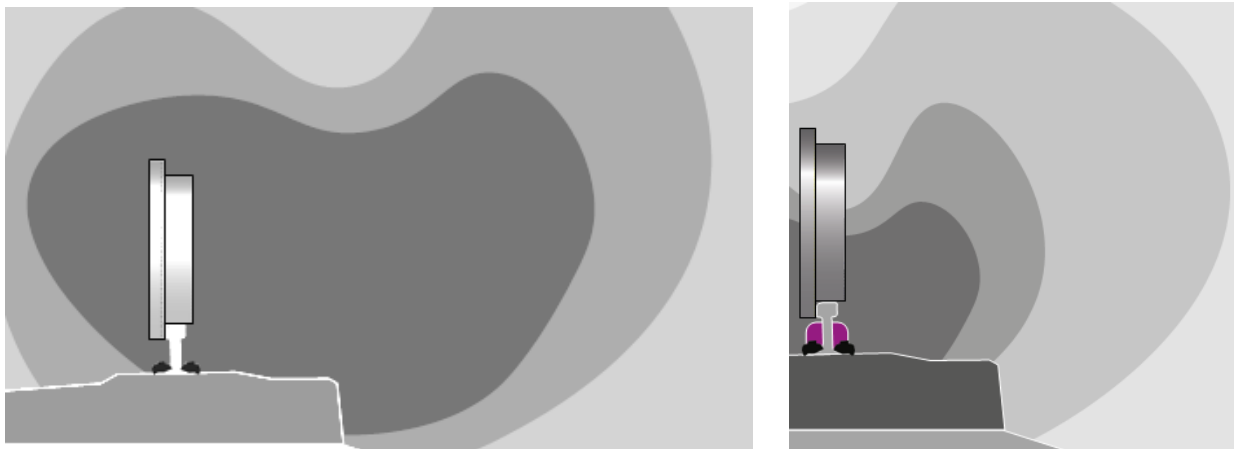


Рисунок 4.15. Поширення звукової хвилі без та з використанням амортизаторів STRAILastic_A inox 2.0 [45]

Поглинач складається з вулканізованої первинної гуми зі сталевим сердечником і затискачами з нержавіючої сталі для кріплення.

Переваги з першого погляду:

- Надзвичайно тонка конструкція з можливою встановлення на кривих ділянках дороги з використанням стандартної трамбувальної машини.
- Відсутність необхідності в обслуговуванні.

- Наявність інтегровані вимикачів для сигнальних кабелів.
- Перманентне кріплення з необслуговуваними хомутами.
- Швидке й просте поводження.
- Абсорбер виконаний з первинної гуми.
- Стійкий до ультрафіолету та озону.
- Має подвійний ефект. Завдяки своїй великій масі, він дуже добре поглинає, а еластичний матеріал гасить вібрації.
- Не буде перешкоджати проведенню контрольних чи дослідних робіт.
- Доступний для всіх типів стандартних колій.



Рисунок 4.16. STRAILastic_A inox 2.0 у використанні [45]

ВИСНОВОК

Провівши експериментальне дослідження на ділянці залізничної дороги поблизу станції «Караваєві дачі», було помічено суттєве перевищення рівня шуму який надходив від залізниці. Це перевищення по еквівалентному рівні шуму потоку потягів, за період проведення експерименту, склало в 20 дБА, а максимальне значення перевищило допустиме значення на 37 дБА.

Отже, для вирішення даної проблеми було запропоновано два методи. Перший з них – це модернізація та поступова заміна рухомого складу залізниці. Друга – встановлення шумозахисних конструкцій на цій же ділянці. Так, як перший метод не повністю вирішує та й до того ж миттєво не вирішує дану проблему, тому потрібно сконцентрувати усю увагу на другий метод.

За другим методом можна досягти зниження рівня шуму до 19-20 дБ, встановивши шумозахисні бар'єри типу Noise Breaker а також амортизатори типу SilentTrack чи STRAILastic_A inox 2.0. Та враховуючи незначне лісове насадження перед приватним житловим комплексом, можна сказати що зі зменшенням еквівалентного рівня шуму ми впорались. Проте пікове значення в 92 дБА усім цим ми не зменшимо. Тому тут слід уже звертатись до першого методу. Та провести заміну або ж модернізацію та ремонтом рухомого складу та рейок колії. Так, як джерелом пікового шуму був вантажний потяг, тому можна буде заборонити перевезення ними вантажів по цій ділянці дороги в нічний час доби.

Отже, скориставшись цими методами можна буде усунути проблему з забрудненням навколишнього середовища шумом.

ЛІТЕРАТУРА

1. W.R. Siddall. No nook secure: transportation and environmental quality, *Comparative Studies in Society and History*, 16, 2–23, 1974.
2. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Haddon_Tunnel/ (дата звернення: 01.01.2019).
3. A.H. Wilson et al. Committee on the problem of noise – final report, Cmnd 2056. HMSO, London, 1963.
4. Future Noise Policy, European Commission Green Paper, COM(96) 540 final, Brussels, 4 November 1996.
5. U. Moehler, M. Liepert, R. Schuemer, and B. Griefahn. Differences between railway and road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 231, 853–864, 2000.
6. F. Kru"ger et al. Schall- und Erschu"tterungsschutz im Schienenverkehr. Expert Verlag, Renningen, 2001.
7. U. Sandberg. Noise emission of road vehicles – effect of regulations. Final report, I-INCE, 2001.
8. Commission Decision 2002/735/EC concerning the Technical Specification for Interoperability (TSI) relating to the rolling stock subsystem of the trans-European high-speed rail system. *Official Journal of the European Communities*, L245, 402–506, 2002.
9. Directive 2001/16/EC of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 on the interoperability of the trans-European conventional rail system. *Official Journal of the European Communities*, L110, 1–27, 2001.
10. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, L189, 12–25, 2002.
11. Thompson D. *Railway noise and vibration*. Oxford: Elsevier Ltd, 2009. 518 p.
12. Бобін Є.В. Уменьшение акустического загрязнения окружающей среды при организации скоростного движения поездов. *Проектування*,

виробництво та експлуатація автотранспортних засобів та поїздів. Львів. 2000. №7.С. 79-82.

13. Кирпа Г. Н., Корженевич И. П., Курган Н. Б. Борьба с производственным шумом на железнодорожном транспорте. Москва: Транспорт, 1964. 142 с.

14. Павлішина О. М. Шумопоглинальна ефективність захисних шумових насаджень залізниць. *Науковий вістн. Нац. ун-ту біоресурсів та природокористування України*. 2011. №164. С. 202-209.

15. Чернюк Л.Г., Пепа Т.В., Чеховська М.М. Транспорт і охорона навколишнього середовища в регіонах України : навч. посіб. Київ : Науковий світ, 2004. 190 с.

16. Шумин Р.М., Йонда М.Є. Вплив шуму залізничного транспорту на акустичний режим міста Львова. *Збірка тез доповідей науково-практичної конференції «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України» 24–25 квітня 2003*. 2003. №5.

17. CER and UIC: *A 2007 report on the state of the art – Noise Reduction in Rail Freight*; Authors: Jakob Oertli, SBB (jakob.oertli@sbb.ch), Peter Hübner, UIC (peter.huebner@bluewin.ch); Version: March, 2008.

18. David Thompson: Rail dampers; Presentation at IPG-Rail Final Seminar; Doorn, The Netherlands, December 2008.

19. Gaetano Licitra; Railway noise mitigation at source: an overview of possible solutions; presentation held on conference RailNoise 2006; Pisa, 9-10 November 2006.

20. D J Thompson (University of Southampton) and P-E Gautier (SNCF): Review of research into wheel/rail rolling noise reduction; JRRT79 IMechE 2006JRRT79 IMechE 2006.

21. Brian Hemsworth: Noise Reduction at Source - EU Funded Projects; presentation held on conference RailNoise 2006; Pisa, 9-10 November 2006.

22. URL: <http://ec.europa.eu/research/growth/gcc/projects/in-action-rail.html> (дата звернення: 03.05.2019).

23. Dietmar Gilliam, AAE Ahaus-Alstätter railway: Practice experiences with K-Blocks- presentation on VAP Autumn Meeting November 2008 (Original language: Dietmar Gilliam, AAE Ahaus-Alstätter Eisenbahn: „Praktische Erfahrungen mit K-Sohlen“ - Präsentation auf der VAP-Herbsttagung November 2008).

24. Irmhild Saabel, WASCOSA AG: Liberalisation, Noise and Safety– how much costs are caused by ECM, TSI Noise and Viareggio; Presentation on Forum Güterwagen May, 19th 2011 (Original language: Irmhild Saabel, WASCOSA AG: Liberalisierung, Lärm und Sicherheit – was kosten ECM, TSI Noise und Viareggio; Präsentation auf dem Forum Güterwagen; 19. Mai 2011).

25. Dr. Stefan Dörsch: State of the Art - UIC-Project, Technology of Composite Brake Blocks; Paris, 10.11.2009; presentation in Paris November, 10th 2009.

26. Web-site of the EuroTrain-Project: <http://europetrain.uic.org/> (дата звернення: 04.05.2019)

27. URL: <http://www.lucchinirs.it/> (дата звернення: 04.05.2019).

28. Bernhard Müller, Erwin Jansen, Fred de Beer (2003): UIC curve squeal project wp 3 – Tool Box of existing measures (http://www.uic.org/IMG/pdf/annex_1.3.pdf).

29. URL: <http://www.ghh-valdunes.com/> (дата звернення: 04.05.2019).

30. URL: <http://www.innovatieprogrammageduid.nl/> (дата звернення: 10.05.2019).

31. ir. Ph.(Philip) H. van den Dool: Rail Dampers, rail infrastructure gets quiet; presentation at INTER-NOISE Istanbul, Turkey, AUGUST, 31st 2007.

32. C. Talotte (SNCF): “Aerodynamic noise: A critical survey”; Journal of Sound and Vibration (2000) 231(3).

33. C. Talotte, P.-E. Gautier, D.J. Thompson, C. Hanson: Identification, modelling and reduction potential of railway noise sources: a critical survey; Journal of Sound and Vibration 267 (2003) 447–468.

34. Takeshi Sueki, Mitsuru Ikeda, Takehisa Takaishi: Aerodynamik Noise Reduction using porous Material and their Application to High-speed Pantographs; QR of RTRI, Vol 50, No. 1, February 2009.
35. C. Madshus, M. Kaynia: High-speed railway lines on soft ground: dynamic behaviour at critical train speed; Journal of Sound and Vibration (2000) 231(3), 689-701.
36. David Thompson: Noise control through rail grinding; Presentation at IPG-Rail Final Seminar; Doorn, The Netherlands, December 2008.
37. URL: <https://www.google.com/maps/> (дата звернення: 15.05.2019).
38. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. [Действителен от 1986-01-01]. Государственного комитета СССР по делам строительства, 1985
39. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. [Чинний від 1992-04-17]. Вид. офіц. Київ: Мінінвестбуду України, 1992.
40. URL: <https://www.wabtec.com/> (дата звернення: 01.06.2019).
41. URL: <http://frenoplast.eu/> (дата звернення: 01.06.2019).
42. URL: <http://www.pesa.pl/> (дата звернення: 02.06.2019).
43. URL: <https://www.forster.at/> (дата звернення: 02.06.2019).
44. URL: <https://britishsteel.co.uk/> (дата звернення: 03.06.2019).
45. URL: <https://www.strail.de/> (дата звернення: 03.06.2019).